



MINISTÈRE DE L'ÉDUCATION NATIONALE, DE LA
RECHERCHE ET DE LA TECHNOLOGIE

ÉCOLE PRATIQUE DES HAUTES ÉTUDES
SCIENCES DE LA VIE ET DE LA TERRE

SELECTION DE L'HABITAT ET COMPORTEMENT
CHEZ LE BUTOR ÉTOILE (*Botaurus stellaris*)

Mémoire présenté par

Pascal PROVOST

Pour obtenir le titre de diplômé de l'École Pratique des Hautes Études

Soutenu le 12 décembre 2007 à Paris, devant le jury suivant :

Bruno DELESALLE (EPHE Perpignan)	Président
Roger PRODON (EPHE Montpellier)	Examineur
Vincent BRETAGNOLLE (CNRS Chizé)	Examineur
Romain JULLIARD (MNHN/CRBPO Paris)	Examineur
Christophe AULERT (Maison de l'estuaire)	Examineur

Laboratoire : Ecologie et Biogéographie des Vertébrés
E.P.H.E. Sciences de la vie et de la Terre
Montpellier (34)

Directeur :
M. Roger Prodon

Centre Nationale de Recherche Scientifique
Centre d'Études Biologiques de Chizé (79)

Directeur :
M. Vincent Bretagnolle



Direction régionale de l'environnement
HAUTE-NORMANDIE



Observatoire Avifaune de la Z.P.S.
estuaire et marais de la basse-Seine



PORT AUTONOME DU HAVRE



C'est une triste chose de songer que la nature parle
et que le genre humain n'écoute pas...

Victor Hugo

REMERCIEMENTS

Je tiens à remercier en premier lieu Roger Prodon, directeur d'études et responsable de l'équipe Biogéographie et Ecologie des vertébrés à l'Ecole Pratiques des Hautes Etudes, pour avoir accepté cette étude.

Merci à Vincent Bretagnolle, directeur du CNRS de Chizé qui m'a inlassablement encouragé dans la rédaction de ce mémoire.

J'exprime toute ma gratitude à Bruno Delesalle pour avoir eu l'amabilité de présider le jury de soutenance. Je tiens également à remercier MM. Romain Julliard et Christophe Aulert d'avoir accepté de juger ce travail.

J'adresse à nouveau des remerciements particuliers à Christophe Aulert. Sans lui, cette étude n'aurait pas pu avoir lieu. Il m'a toujours soutenu dans mes démarches, depuis mon arrivée à la Maison de l'Estuaire jusqu'à mon intégration à l'Observatoire avifaune. Plus qu'un chef, il est un véritable ami sur qui je peux compter...

Je remercie tout particulièrement David Hémery. Sa connaissance sur l'avifaune n'a eu de cesse de progresser ces dernières années. Merci pour son aide très précieuse sur le terrain, sa patience et sa disponibilité.

Je tiens aussi à exprimer ma sincère reconnaissance envers Monsieur Jacques Le Bas, président de la Maison de l'Estuaire qui a bien voulu me donner l'opportunité de continuer mes études parallèlement à mon travail. Merci également à Corrine Chartier, première directrice de la Maison de l'estuaire, ainsi qu'à Jérôme Dumont, actuel directeur pour avoir toujours cru en moi et pour m'avoir fait confiance tout au long de ce travail.

Pour leur soutien financier dans la réalisation de cette étude, je remercie la Maison de l'Estuaire, le Port Autonome du Havre, l'Agence de l'Eau Seine-Normandie, la Direction Régionale de l'Environnement de Haute-Normandie et la Communauté européenne au travers de l'instrument financier LIFE.

Je remercie également, et chaleureusement, l'équipe de la Maison de l'estuaire. Beaucoup ont participé avec une grande gentillesse aux suivis du butor à des heures peu conventionnelles. Je dois beaucoup notamment à Christophe Bessineton, l'homme sage aux remarques si pertinentes. Merci à Philippe Poiré, mon premier collègue « de berlingo », Gilles Le Guillou pour m'avoir épaulé, Aurélien Canny pour ses précieux conseils, Damien Ono-Dit-Biot pour tant d'heures passées sur la digit, Sébastien Petit pour son flegme et la bonne tenue des comptes et les autres collègues, anciens ou actuels : Laëticia, Stéphanie, Christelle, Gabin, Clotilde, Mickaël, Gérard, Thibaut, Sonia, Marie, Mélanie. Thank you aux stagiaires de passage dans l'estuaire : William, Elodie, Pierrot, Nicolas, Kevin et Guillaume.

Je resterai toujours admiratif envers le fameux trio estuarien de « butorologues » photographes et vidéastes. En premier lieu, j'exprime mon plus profond respect envers Philippe Sabine, « le butor argenté », grand par la taille et le talent. Ce fut pour moi un privilège de travailler à ses côtés et observer des moments rares comme un mâle de butor en train de chanter! Toute ma sympathie aussi à Frank Deschandol pour son regard naturaliste avisé et son humilité. Enfin, merci à Jean-Pierre Saliou qui n'a jamais manqué de défendre le butor et son habitat.

J'aimerais aussi remercier Estelle Kerbiriou. Son investissement dans le programme LIFE a été un moteur pour tous les passionnés du butor.

Merci également à Francky Latraube et Lolo Demongin, deux hommes talentueux et attachants, le plus souvent rencontrés à Chizé. L'investissement de Laurent dans les marais du sud comme au labo de Chizé fut remarquable, bravo à lui ! Qu'il pense toujours à nous rendre visite en Normandie, entre deux tours du monde ! Tous mes remerciements également à Grégoire Massez, Brigitte Poulin et Gaëtan Lefebvre, « les gens du Sud ! » pour nos échanges sur l'espèce, sans oublier Yves Luciat-Labry et Cyril Girard avec qui j'ai capturé mon premier butor dans les marais du Vigueirat en 2000, un souvenir inoubliable !

J'exprime toute ma gratitude à Lucas Puglisi, chercheur italien, pour ses travaux précurseurs sur le « boutor ». Personne n'aura autant contribué que lui à la connaissance de cette espèce en Europe.

J'aimerais rendre hommage à Jean-Michel Henry, l'un des précurseurs dans la protection de la nature en estuaire de Seine. Personnage doté d'un dévouement hors norme, qui a su, par son engagement associatif auprès du Groupe Ornithologique Normand, rendre possible la création d'une vaste réserve naturelle à côté du complexe industriel.

Je tiens également à remercier le gars Franck Morel pour son assiduité et son travail au GONm. Je n'oublie pas les pionniers de l'ornithologie en estuaire de Seine : Alain Guillemont, Guy Bêteille, Olivier Benoît, Yvon Créau, Franck Noël, Christian Noël, Laurent Philippe, François Leboulenger et Gérard Debout. Vos données ont largement contribué à la reconnaissance et au classement du site !

Parmi les bénévoles faisant preuve d'une grande régularité dans les suivis ornithologiques dans l'estuaire, j'aimerais tout particulièrement souligner l'aide de Christine Blaize, Yannick Jacob et de Claude Guillet qui possèdent aussi ce « calme légendaire ».

Mes amitiés aux bagueurs du Hode qui m'ont transmis leurs savoirs et leur passion pour ce marais : Patrick Frébourg, Bruno Dumeige, Claude Ingouf, Yves Beauvallet, Joël Pigeon et Gérard Goujon.

Je ne manquerai pas de remercier celles et ceux qui m'ont aidé dans la phase finale de ce mémoire et en particulier pour leur relecture, Jérôme, Fanny, Audrey, Stéphanie et Yves-Marie.

De même, je tiens sincèrement à remercier l'ensemble des observateurs non cités auparavant, qui m'ont communiqué directement ou indirectement de précieuses informations : Vanessa, Virginie, Olivier, Léo, Mickäel, Fabrice, James, les deux Alain, Joanne, Nicolas, François, Matthieu, Günter, Marie-Pierre, Sylvain, Florent, Anaïs, Virginie et Jérémy, Damien, Caroline, Fantine et Léonie, Stéphanie, Benoît, Liliane, Catherine, Guillaume, Harold, Adrien, Marc, Luc, Agnès, Anne, Samuel, Anne-Sophie, Thomas, Eric, Armelle, Bruno...

Merci aussi à mes frères, bien loin mais présents, et particulièrement à mon jumeau Sébastien pour la passion indéfectible que nous partageons depuis toutes ces années pour les oiseaux et leur environnement.

Je voudrais enfin adresser un remerciement particulier à Marie-Claire, qui, au moment où j'en avais le plus besoin, a su m'apporter le soutien et l'aide nécessaire pour parfaire ce travail.

Ah, j'allais oublier presque l'essentiel : merci aux butors ! Pas moins d'une décennie de recherches, en Europe, pour lever le mystère de leur vie si secrète. Ces oiseaux à l'allure souveraine restent parmi les échassiers des marais les plus farouches mais aussi les plus symboliques...

*Je dédie ce travail à mes parents,
paysans du sud-Manche, dont la vie
n'a pas toujours été simple mais qui
m'ont inculqué les valeurs du travail
et du partage. L'attrait inconscient
pour l'étude et la conservation de la
nature, je l'ai gagné en vivant à leurs
côtés.*

LISTE DES FIGURES

Figure 1. Butor étoilé adulte (<i>Photo Philippe Sabine</i>).....	11
Figure 2. Aire de distribution du butor étoilé en Europe.....	11
Figure 3. Aire de distribution du butor étoilé en France en 2000.....	12
Figure 4. Sites du programme LIFE butor étoilé (LIFE00NAT/F/7269)	15
Figure 5. Localisation de la zone d'étude principale : l'estuaire de la Seine.....	15
Figure 6. Statut de protection de la zone d'étude.....	17
Figure 7. Statut foncier des terrains de la zone d'étude.....	18
Figure 8. Unités écologiques principales de la zone d'étude en 2000.....	19
Figure 9. Système hydraulique du secteur d'étude.....	20
Figure 10. Carte des aménagements dans l'estuaire de la Seine.....	21
Figure 11. Evolution de la phragmitaie entre 1979 et 2000.....	22
Figure 12. Modes de gestion de la roselière en réserve naturelle et typologies des roselières.....	22
Figure 13. Lots de coupe de roseaux.....	27
Figure 14. Zones disponibles pour le mâle et la femelle.....	29
Figure 15. Secteurs de recensement de la population de butor étoilé en estuaire de Seine.....	30
Figure 16. Technique d'analyse des dénombrements de mâles chanteurs de butor étoilé.....	31
Figure 17. Niveau de précision de la vectorisation des roselières coupées et non coupées.....	35
Figure 18. Méthode pour le calcul de l'âge des roselières.....	36
Figure 19. Relevés de végétation au nid..	37
Figure 20. Topographie d'une partie de la zone d'étude des femelles (krigeage).....	39
Figure 21. Evolution des effectifs de mâles chanteurs en estuaire de Seine et nombre de « données de butor » entre les mois de mars et juin.....	43
Figure 22. Secteurs de localisation de la population de butor étoilé.....	44
Figure 23. Evolution de la densité de population selon les secteurs (indice de mâle chanteur pour 10 ha).....	44
Figure 24. Evolution récente des effectifs de mâles chanteurs en estuaire de Seine..	45
Figure 25. Nid de butor étoilé avec Pulli et oeufs (<i>Photo Pascal Provost</i>).....	46
Figure 26. Proportion de chaque milieu disponible entre les zones disponibles pour les mâles, les femelles et la totalité de l'estuaire.....	47
Figure 27. Proportion, en pourcentage, de la coupe et de la non coupe selon les années et sur les zones disponibles pour les mâles et femelles.....	48
Figure 28. Caractéristiques de la roselière prospectée par les observateurs pour la recherche de nids.....	48

Figure 29. Aperçu d'une zone de prospection des nids durant les années 2002, 2004 et 2005.....	49	Figure 40. Proportion de roselière humide coupée selon les années.....	56
Figure 30. Proportion des milieux disponibles et occupés par les mâles dans un rayon de 10 à 300 mètres des postes de chant.....	49	Figure 41. Fréquence de coupe sur les quatre années selon les secteurs.....	57
Figure 31. Proportion des milieux disponibles et occupés par les femelles dans un rayon de 50 à 300 mètres des nids.....	50	Figure 42. Proportion d'éclaircies comparées entre nids et points aléatoires jusqu'à 40 mètres en estuaire de Seine.....	58
Figure 32. Proportion de roselière coupée de 50 à 300 mètres du nid.....	51	Figure 43. Proportion d'éclaircies comparées entre nids et points aléatoires jusqu'à 40 mètres en dehors de l'estuaire de la Seine.....	58
Figure 33. Proportion de roselière coupée au poste de chant et de 50 à 300 mètres du poste de chant.....	52	Figure 44. Hauteur moyenne des roseaux verts au nid en estuaire de Seine et dans le sud de la France en zone de coupe ou non.....	59
Figure 34. Proportion, en pourcentage, des nids et des points tirés aléatoirement selon les cotes topographiques du marais en C.M.H.....	53	Figure 45. Relevés de la densité totale des roseaux aux nids en estuaire de Seine et dans le sud de la France sur des roselières non coupées.....	61
Figure 35. Hauteur d'eau au nid à la ponte (n=10), à l'éclosion (n=13) et lorsque les poussins ont 15 jours (n=9) en estuaire de Seine de 2002 à 2004 (moyenne, écart-type) in Demongin et Bretagnolle, 2005.....	54	Figure 46. Relevés de la densité totale moyenne des roseaux verts aux nids en estuaire de Seine et dans le sud de la France sur des roselières coupées et non coupées.....	62
Figure 36. Proportion des distances des nids à l'eau libre (en m) et tirage aléatoire.....	54	Figure 47. Relevés de la densité moyenne des roseaux secs aux nids en estuaire de Seine et dans le sud de la France sur des roselières coupées et non coupées.....	63
Figure 37. Proportion des distances des postes de chant à l'eau libre (en m) et tirage aléatoire.....	55	Figure 48. Relevés du diamètre moyen des roseaux verts aux nids en estuaire de Seine et dans le sud de la France sur des roselières coupées et non coupées.....	64
Figure 38. Fréquence de coupe sur les quatre années de suivi et situation des nids.....	55	Figure 49. Territoires des mâles suivis par le chant (kernel fixe ; h=0,613).....	66
Figure 39. Evolution spatiale de la coupe durant quatre années en estuaire de la Seine.....	56	Figure 50. Domaines vitaux des mâles suivis par radio-pistage (kernel fixe ; h=0,613).....	67

Figure 51. Moyenne des habitats fréquentés par huit mâles (moy. href fixe).....	68
Figure 52. Relation entre le positionnement des nids et l'étude des domaines vitaux des mâles.....	69
Figure 53. Domaine vital d'un jeune butor étoilé (kernel fixe $h=0,597$).....	70
Figure 54. Carte des reprises et contrôles de butor étoilé en France à partir de la base informatique du CRBPO (réf. 2005).....	70
Figure 55. Aperçu du passage horaire migratoire en estuaire de Seine et aux Marais du Vigueirat.....	72
Figure 56. Rythme d'activité d'une femelle durant un cycle de 24 heures.....	73
Figure 57. Inventaire des périodes de présence et absence au nid d'une femelle pendant un cycle de 24 heures.....	73
Figure 58. Gestion optimale d'une roselière en faveur du butor étoilé (massif d'un seul tenant géré par la coupe hivernale).....	96
Figure 59. Propositions de gestion hydraulique (cotes au dessus du niveau du sol en centimètre).....	101
Figure 60. Vue aérienne de l'estuaire de Seine (source DIREN HN).....	103

Tableau III. Evolution de la surface de coupe en estuaire de Seine durant quatre ans.....	56
---	----

Tableau IV. Nombre d'oiseaux bagués et équipés d'émetteurs en estuaire de la Seine.....	66
---	----

Tableau V. Surfaces des territoires (kernel en ha) de 8 mâles suivis par radio-pistage et par le chant en estuaire de Seine.....	67
--	----

Tableau VI. Territoires moyens des mâles suivis par le chant et par télémétrie.....	67
---	----

Tableau VII. Temps de séjour des jeunes oiseaux équipés d'émetteurs.....	69
--	----

Tableau VIII. Distance de contact la plus éloignée du nid (point correspondant aux derniers contacts et lieux de départ des oiseaux).....	70
---	----

Tableau IX. Nombre minimum de butors étoilés observés par soirée.....	71
---	----

Tableau X. Comparaison de la sélection de l'habitat entre mâle et femelle en estuaire de Seine (Nord) et dans le Sud de la France (degré de sélection - - 0 + +).....	102
---	-----

Tableau XI. Synthèse des critères de sélection de l'habitat chez la femelle en estuaire de Seine (Nord) et dans le Sud de la France (degré de sélection - - 0 + +).....	102
---	-----

LISTE DES TABLEAUX

Tableau I. Nombre de nids trouvés par année et par site.....	46
--	----

Tableau II. Situation des nids selon les années et le type de roselière en estuaire de Seine.....	51
---	----

SOMMAIRE

CHAPITRE 1. INTRODUCTION GENERALE.....	5
1.1. LES ZONES HUMIDES ET LES ROSELIERES, CONFLITS ET DEGRADATIONS.	5
1.2. LES ROSELIERES : HABITAT IMPORTANT POUR LA BIODIVERSITE.....	6
1.3. GENERALITES SUR LA GESTION DES ROSELIERES ET L'IMPACT DES COUPES SUR LA FAUNE.	7
1.4. GENERALITES SUR LE BUTOR ETOILE.	9
1.4.1. <i>Le Butor étoilé, une espèce menacée et méconnue.</i>	9
1.4.2. <i>Description taxonomique et morphologique.</i>	11
1.4.3. <i>Biologie et conservation du butor étoilé : état des connaissances.</i> 11	
1.4.3.1. Distribution, effectifs et dynamique en Europe et en France.	11
1.4.3.2. Biologie de la reproduction.	12
1.4.3.3. Ecologie alimentaire.	13
1.5. L'ESTUAIRE DE LA SEINE, SIEGE D'UN PROGRAMME NATIONAL DE CONSERVATION.	14
1.6. OBJECTIFS DE L'ETUDE : ANALYSER ET COMPARER L'HABITAT DES MALES ET FEMELLES EN LIEN AVEC LES MODES DE GESTION ET ELUCIDER CERTAINS TRAITS COMPORTEMENTAUX.	15
CHAPITRE 2. CADRE GENERAL DE L'ETUDE.....	17
2.1. PRESENTATION DU SITE D'ETUDE.....	17
2.1.1. <i>Evolution du statut de conservation du site d'étude.</i>	17
2.1.2. <i>Statut foncier du site d'étude.</i>	18
2.1.3. <i>Création de l'Observatoire avifaune.</i>	18
2.1.4. <i>Les grandes unités écologiques de l'estuaire de la Seine.</i>	19
2.1.5. <i>Ouvrages hydrauliques et gestion de l'eau.</i>	20
2.1.6. <i>Processus d'atterrissement et de progression de la phragmitaie.</i>	21
2.1.6.1. historique des aménagements et conséquences sur la sédimentation dans l'estuaire.	21
2.1.6.2. Evolution de la surface en phragmitaie.	22
2.1.6.3. Description de la phragmitaie.	22
2.1.7. <i>Le climat océanique.</i>	23
2.1.8. <i>Les activités socio-économiques et leur influence : un espace de paradoxes.</i>	23
2.2. LA ROSELIERE.	24
2.2.1. <i>Biologie du roseau commun.</i>	24
2.2.2. <i>Exigences écologiques du roseau commun.</i>	25
2.2.3. <i>L'exploitation des roseaux : origine et pratique en estuaire de la Seine.</i>	27
CHAPITRE 3. MATERIELS ET METHODES.	29
3.1. DELIMITATION DE LA ZONE ETUDIEE.	29
3.2. SUIVI DES MALES CHANTEURS, DES NIDS ET RYTHME D'ACTIVITE.	29
3.2.1. <i>Dénombrement et répartition des mâles chanteurs.</i>	29
3.2.1.1. Généralités sur les techniques de dénombrement et le chant.	29

3.2.1.2. Méthode du double comptage concerté.....	30
3.2.1.3. Suivi quotidien.....	31
3.2.2. <i>Suivi de la nidification (nids)</i>	32
3.2.2.1. Recherche des nids.....	32
3.2.2.2. Etude expérimentale du rythme d'activité d'une femelle en saison de nourrissage.....	33
3.3. OBSERVATION DE LA MIGRATION ACTIVE AU PRINTEMPS.....	34
3.4. TYPOLOGIE DE L'HABITAT EN PERIODE DE REPRODUCTION.....	34
3.4.1. <i>Analyse de l'habitat à petite échelle</i>	34
3.4.1.1. Méthodes.....	34
a. Traitement des données dans un Système d'Information Géographique (S.I.G.).....	34
b. Les photographies aériennes.....	35
c. Projection des postes de chant, des nids et des points aléatoires.	35
d. Etude de l'âge des roselières disponibles pour les femelles.....	35
3.4.1.2. Analyse spatiale et géotraitement.....	36
3.4.2. <i>Analyse de l'habitat à grande échelle</i>	37
3.4.2.1. Matériel d'étude.....	37
3.4.2.2. Analyse des résultats.....	38
3.5. TOPOGRAPHIE DU MARAIS ET HYDRAULIQUE.....	38
3.5.1. <i>Plans et relevés topographiques</i>	38
3.5.2. <i>Relevés hydrauliques en période de nidification</i>	39
3.6 ESTIMATION DES TERRITOIRES DE CHANT, DOMAINES VITAUX ET DISPERSION.....	39
3.6.1. <i>Matériel d'étude</i>	39
3.6.2. <i>Méthodes de suivi par radio-pistage</i>	40
3.6.3. <i>Traitement des données issues du radio-pistage et du suivi par le chant</i>	41
3.6.4. <i>Traitement des données dans un S.I.G.</i>	42
CHAPITRE 4. EVOLUTION DES EFFECTIFS DE BUTOR ETOILE DANS L'ESTUAIRE DE LA SEINE.....	43
4.1. ORIGINE ET EVOLUTION DE LA POPULATION DES MALE CHANTEURS.....	43
4.1.1. <i>Historique de l'espèce en Normandie et en estuaire de Seine</i>	43
4.1.2. <i>Répartition de la population en estuaire de Seine</i>	44
4.1.3. <i>Evolution récente des effectifs (2000-2005)</i>	44
4.2. RECHERCHE DES NIDS.....	45
CHAPITRE 5. SELECTION DE L'HABITAT.....	47
5.1. LES MILIEUX DISPONIBLES SUR LES ZONES D'ETUDE DES MALES ET FEMELLES.....	47
5.1.1. <i>Les grands types de milieux</i>	47
5.1.2. <i>Evolution de la coupe de roseaux au sein de la zone d'étude</i>	48
5.1.3. <i>Caractéristiques de la zone de recherche des nids</i>	48
5.2. LES PRINCIPAUX HABITATS UTILISES PAR LE BUTOR ETOILE.....	49
5.2.1. <i>Chez les mâles</i>	49
5.2.2. <i>Chez les femelles (nid)</i>	50
5.3. SELECTION DE L'HABITAT PAR LES FEMELLES VIS A VIS DE LA COUPE DU ROSEAU.....	51
5.3.1 <i>Emplacement des nids</i>	51

5.3.2. Distance des nids aux zones non coupées.	51
5.3.3. Emplacement des postes de chant.	52
5.4. SELECTION DE L'HABITAT VIS A VIS DE L'EAU.	52
5.4.1. Caractéristiques de la gestion hydraulique de la roselière.	52
5.4.2. La topographie du marais sur une partie de la zone de recherche des nids.	53
5.4.3. Hauteur d'eau au niveau des nids au cours de la période de nidification.	53
5.4.4. Comportement des butors vis à vis de la distance des zones en eau libre.	54
5.4.1. Les nids.	54
5.4.2. Les mâles.	55
5.5. LA FREQUENCE DE COUPE DE LA ROSELIERE.	55
5.5.1. Sélection des roselières par la femelle selon leur maturité.	55
5.5.2. Caractéristiques des zones coupées dans l'estuaire de la Seine.	56
5.6. LES PARAMETRES DE VEGETATION INFLUENÇANT LES FEMELLES.	57
5.6.1. Relation entre les éclaircies en roselière et la position du nid.	57
5.6.2. Paramètres de végétation influençant la position du nid en roselière.	59
5.6.2.1. Hauteur moyenne des roseaux verts.	59
5.6.2.2. Densité des roseaux.	60
5.6.2.2.1. Densité totale moyenne des roseaux.	60
5.6.2.2.2. Densité moyenne des roseaux verts.	62
5.6.2.2.3. Densité moyenne des roseaux secs.	63
5.6.2.3. Diamètre moyen des roseaux verts.	64
CHAPITRE 6 : OCCUPATION DE L'ESPACE, DISPERSION ET COMPORTEMENT.	66
6.1 OISEAUX BAGUES ET EQUIPES D'EMETTEUR EN ESTUAIRE SEINE.	66
6.2. DOMAINES VITAUX ET TERRITOIRE DE CHANT.	66
6.2.1. Surface des territoires et fidélité.	66
6.2.2. Milieux compris dans les territoires.	68
6.3 SITUATION DES NIDS AU SEIN DES TERRITOIRES DES MALES.	69
6.4 DISPERSION DES OISEAUX.	69
6.4.1. Caractéristiques des jeunes équipés en estuaire Seine.	69
6.4.2. Caractéristiques des oiseaux bagués en France.	70
6.5 COMPORTEMENT MIGRATOIRE EN FRANCE.	71
6.6 RYTHME D'ACTIVITE PAR SUIVI VIDEO.	72
CHAPITRE 7 : DISCUSSION.	75
7.1 DYNAMIQUE DE LA POPULATION DE BUTORS ETOILES.	75
7.1.1. Raisons évoquées pour la dynamique de la population en Europe.	75
7.1.2. Dynamique de la population en France et croissance de la population en estuaire de Seine.	77
7.1.3. Fidélité des butors à leur site de reproduction et migration.	78
7.2 LE SUIVI DES POPULATIONS DE BUTORS ETOILES.	79
7.2.1. Le chant comme indice de suivi des populations.	79
7.2.2. Localisation des mâles et localisation des nids.	80
7.3 SELECTIVITE DES MALES ET DES FEMELLES POUR LA PHRAGMITAIE.	80

7.3.1	<i>La phragmitaie, habitat préférentiel.</i>	80
7.3.2	<i>Types de phragmitaies sélectionnées.</i>	81
7.3.2.1	<i>La coupe de la roselière.</i>	81
7.3.2.2	<i>L'âge des roselières.</i>	82
7.3.2.3	<i>La hauteur des roseaux.</i>	82
7.3.2.4	<i>La densité des roseaux.</i>	84
7.3.2.5	<i>Le diamètre des roseaux verts.</i>	85
7.4	SELECTIVITE DES MALES ET DES FEMELLES POUR L'EAU.	86
7.4.1	<i>Hauteur d'eau et topographie.</i>	86
7.4.2	<i>Rapport à l'eau libre, les lisières et les éclaircies.</i>	87
7.4.3	<i>Succès de reproduction et lien avec les ressources alimentaires.</i>	88
7.5	QUELLE GESTION FAVORABLE AU BUTOR ETOILE ?	90
7.5.1	<i>Gestion de la phragmitaie.</i>	90
7.5.1.1	<i>Maintenir une coupe hivernale.</i>	90
7.5.1.2	<i>La fréquence et la période de coupe : trois stratégies de gestion.</i>	91
7.5.1.3	<i>La surface de roselière à prendre en compte, la proportion, la rotation, et la localisation de coupe : quatre stratégies de gestion.</i>	93
7.5.1.4	<i>Autres modes de gestion de la roselière.</i>	97
7.5.2	<i>Gestion hydraulique.</i>	98
7.5.2.1	<i>Développer les connexions hydrauliques.</i>	98
7.5.2.2	<i>Maintenir des hauteurs d'eau suffisantes.</i>	99
	CONCLUSIONS.	102
	PERSPECTIVES.	103
	BIBLIOGRAPHIE.	104

Chapitre 1. INTRODUCTION GENERALE.

1.1. Les zones humides et les roselières, conflits et dégradations.

Les zones humides en Europe ont subi jusqu'à aujourd'hui une dégradation sur 75 % de leur surface et cette tendance continue de nos jours (Brinson & Malvarez, 2002). Elles sont d'ailleurs considérées comme un des principaux habitats en danger sur la planète (Baldi & Moskat, 1995). Elles suscitent d'importants conflits d'intérêts entre, d'un côté, les partisans de la conservation de la nature, et de l'autre, les acteurs économiques du monde du tourisme et de la pêche ainsi que les professionnels de la coupe du roseau (Turner, 1991). Parmi les zones humides, les fleuves sont des écosystèmes sensibles et fragiles que les actions anthropiques modifient ou perturbent, parfois intentionnellement. Les impacts des grands aménagements et, plus généralement, des politiques de gestion y sont très forts et perdurent au fil des siècles (Meybeck et al., 1998).

Au sein des habitats qui composent les zones humides estuariennes, la roselière est un écosystème à l'interface entre les milieux terrestres et les milieux aquatiques (Mauchamp, 2002). L'image que le public a des roseaux est contrastée, voire contradictoire. On lui reconnaît une valeur esthétique, un rôle d'épuration de l'eau (métaux lourds, nutriments...) et de réservoir de la biodiversité. En effet, la roselière capte les nutriments, emmagasine le carbone (Ostendorp et al., 1995) et sert de ressources pour l'homme (Hawke & Josè, 1996; Barbraud & Mathevet, 2001). Mais elle souffre aussi de préjugés négatifs de la part des usagers tels que les touristes ou les pêcheurs (concurrence spatiale avec les poissons, prolifération «négative» des herbiers denses selon les touristes) (Miquet, 2002).

La forte valeur patrimoniale des roselières est pourtant indéniable : elles accueillent une centaine d'espèces d'odonates, plus d'une trentaine d'espèces d'oiseaux, ainsi que divers poissons, reptiles et mammifères (Burgess & Evans, 1989; Ward, 1992). Malgré cette richesse, les roselières ont fortement régressé en Europe, de manière directe ou indirecte. En effet, les politiques d'aménagement du siècle dernier ont eu de lourds impacts sur les roselières : drainages, régimes hydrauliques inappropriés, phénomènes d'eutrophisation et impact des engins mécaniques ont eu raison de cet habitat devenu rare (Ostendorp, 1989; Weisner, 1987; Graveland, 1999).

Mais paradoxalement, la roselière est un habitat transitoire qui tend à se dégrader naturellement et à évoluer vers une mégaphorbiaie puis un boisement, en l'absence d'activité humaine (Duhautois et Marion *in* Rocamora & Yeatman-Berthelot, 1999). Par le contrôle des niveaux d'eau, la coupe ou le feu, l'homme peut gérer artificiellement ce milieu et en stopper la dynamique naturelle (Ditlhogo et al., 1992). De ce fait, si la coupe des roseaux permet de fournir du matériau pour la couverture des toits, – ce qui peut représenter une activité importante sur certains sites – elle a pour effet induit d'améliorer la diversité biologique des roselières (Granéli, 1984; Ditlhogo et al., 1992; Hawke & Josè, 1996). Néanmoins, cette pratique ne doit pas s'intensifier (fréquence de coupe trop rapprochée notamment) au risque de gravement perturber la vie dans les roselières (Kristiansen, 1998a; Bibby & Lunn, 1982).

Aujourd'hui, les zones humides (la plupart du temps résiduelles) constituent des cibles importantes en termes de politique de conservation. Leur gestion a pour objectif prioritaire de conserver leur diversité et de favoriser leur richesse floristique et faunistique (Boulot, 1991). La roselière est l'un des milieux emblématiques de cette stratégie. Ainsi, aujourd'hui, le défi est de reconsidérer la valeur biologique des roselières et d'harmoniser les pratiques (parfois ancestrales) existantes. La question de la conciliation des activités économiques et de la préservation de la nature continue de se poser, avec en corollaire, la question de la compatibilité des usages entre eux (Gronchi & Mathevet, 2003).

1.2. Les roselières : habitat important pour la biodiversité.

Le roseau commun *Phragmites australis* (Cav.) Trin. ex Steudel (synonyme de *P. communis* Trin.) est une grande héliophyte largement distribuée autour du globe, du nord de la Scandinavie au sud de l'Australie, du niveau de la mer à 4000 m d'altitude (Sinnassamy & Mauchamp, 2000). Le roseau commun *Phragmites australis* est une monocotylédone de la famille des poacées. Le roseau forme des peuplements mono-spécifiques appelés roselières ou phragmitaies en association avec quelques autres espèces végétales (Mauchamp, 2002; Haslam, 1972).

La roselière est en effet définie comme un peuplement presque toujours uniforme, élevé et compact, composé potentiellement de 5 espèces d'héliophytes (*Phragmites australis*, *Phalaris arundinacea*, *Typha latifolia* ou *T. angustifolia*, *Bolboschoenus maritimus*, *Glyceria maxima*) qui dominent toute autre forme végétale (Barbe, 1984; Montégut, 1987). Une régression des roselières est constatée au niveau mondial (Mauchamp, 1998; Robin et al., 1996), mais les situations sont localement contrastées. Le déclin des surfaces en roselière est surtout observé depuis les 20 dernières années en Europe (Ostendorp, 1989) alors qu'ailleurs le roseau est considéré comme une plante invasive, particulièrement le long des côtes nord-américaines (Bart & Hartman, 2000). Notons que cette régression peut atteindre 70 à 100 % dans certains pays comme la Suisse, l'Allemagne ou la Pologne et qu'elle s'est accélérée depuis la seconde guerre mondiale (Robin et al., 1996). Aujourd'hui encore, des massifs de plusieurs dizaines d'hectares risquent d'être détruits à cause de l'industrialisation, notamment en Loire Atlantique (Hubert Dugué, notes. pers.).

Parmi la faune présente, nous trouvons de nombreuses espèces d'insectes, d'araignées et d'oiseaux spécialistes (Ostendorp, 1999; Tschardtke, 1999). Cet habitat présente également un intérêt de conservation pour certaines espèces de plantes. Elles sont nombreuses à présenter un intérêt patrimonial : *Sonchus palustris*, *Lathyrus palustris*, *Sium latifolium*, *Thelypteris palustris*, *Dryopteris cristata* ou *Peucedanum palustre*, plante hôte du papillon *Papilio machaon* (Cowie et al., 1992). Sa haute structure herbacée conditionne très largement les peuplements faunistiques, notamment ornithologiques. Elle interdit toute pénétration aux espèces non adaptées, tels les anatidés (oies, canards) ou les limicoles (bécasseaux, chevaliers) (Centre de Découverte de la Nature du PNR de Brotonne, 1990). A l'inverse, elle favorise certaines espèces adaptées telles les panures à moustaches, les fauvettes aquatiques ou certaines espèces

d'oiseaux de grande taille (butor étoilé, *Botaurus stellaris*, busard des roseaux, *Circus aeruginosus*) qui trouvent dans la roselière le support structural nécessaire à la construction de leur nid (Sinnassamy & Mauchamp, 2000; Trotignon & Williams, 1987; Centre de Découverte de la Nature du PNR de Brotonne, 1990; Ingram et al., 1980). D'autres groupes d'oiseaux comme les hirondelles et bergeronnettes font preuve d'une grande fidélité à cet habitat pendant les migrations. Ainsi, près de la moitié des roselières d'Angleterre contiennent des dortoirs importants d'hirondelles (Bibby & Lunn, 1982). Ce phénomène est également régulier en France et tout particulièrement en estuaire de Seine, où il est fréquent de dénombrer des dortoirs de plusieurs centaines d'hirondelles de rivage, *Riparia riparia*.

De même, nous savons désormais que le rare phragmite aquatique, *Acrocephalus paludicola* transite par ce genre de milieu lors de ses migrations (Tyler, 1992) et au moins plusieurs centaines d'individus sont estimés durant la migration post-nuptiale dans l'estuaire de Seine. La richesse de la communauté d'oiseaux paludicoles présente en période de nidification dans la grande roselière du Hode démontre que ce milieu est devenu un des fleurons du patrimoine naturel de l'estuaire de la Seine (Debout & Philippe, 1995).

La roselière non coupée est aussi l'habitat primaire pour la rousserolle effarvate, *Acrocephalus scirpaceus* et le phragmite des joncs, *Acrocephalus schoenobaenus*. Elle abrite en résumé de nombreuses espèces de haute valeur patrimoniale comme le butor étoilé, *Botaurus stellaris*, la panure à moustaches, *Panurus biarmicus*, le busard des roseaux, *Circus aeruginosus*, la locustelle lusciniôïde, *Locustella luscinioides*, la bouscarle de Cetti, *Cettia cetti* ou la gorgebleue à miroir, *Luscinia svecica* (Bibby & Lunn, 1982; Kayser et al., 1998; Schmidt et al., 2005; Burgess & Evans, 1989).

1.3. Généralités sur la gestion des roselières et l'impact des coupes sur la faune.

Le roseau commun est la poacée la plus fréquemment utilisée en Europe pour les couvertures en chaume (Mathevet, comm. pers. in Poulin & Lefebvre, 2002). En France, les régions les plus développées pour cette activité sont la Camargue et le delta du Rhône. Elles présentent une superficie totale de 8000 ha de roselières dont 2000 ha sont coupés mécaniquement durant les mois d'hiver (Mathevet, 2000). Le faucardage à la main a laissé place à la coupe mécanique, ce qui augmente les surfaces exploitées et homogénéise les parcelles (Mathevet, 2000).

Nous savons que la gestion de la végétation est essentielle pour les communautés écologiques dans un marais (Tucker & Evans, 1997). La gestion des roselières doit se faire en fonction de la présence d'espèces rares à l'échelle nationale ou régionale ou en fonction d'espèces en déclin (Ward, 1992). Cependant, le simple paramètre de la coupe modifie de façon considérable ce milieu qui peut se révéler attractif ou complètement rédhibitoire pour les espèces qui y sont associées. En Camargue, comme dans l'estuaire de la Seine, nous retrouvons de vastes zones coupées en hiver qui s'apparentent alors à des « parcelles de céréales fraîchement

moissonnées ». Quant il ne reste qu'1% de surface de vieux massifs de roseaux, cela signifie que cette roselière est coupée annuellement, de manière intensive, avec des zones non exploitables en bordures des criques et le long des massifs boisés (Van der Winden et al., 2003).

A l'inverse, sans gestion, les roselières ont tendance à se boiser (Rocamora & Yeatman-Berthelot, 1999; Hawke & Josè, 1996; Van der Winden et al., 2003) et c'est une évolution globalement défavorable pour les populations de butor (Tyler et al., 1998). Mais précision importante, la roselière humide constitue un stade quasi climacique, c'est-à-dire qu'elle évolue très peu. Ce sont au contraire les roselières dégradées, notamment celles situées sur des zones topographiques hautes et sèches (mégaphorbiaies avec plus ou moins de roseaux communs) qui ont tendance à se boiser (C. Dutilleul, comm. pers.). Ainsi, dans certaines conditions et dans le cas des macrophytes dominées par le roseau, les conditions de vie pour une population de butors peuvent être brèves car en quelques années, cette plante annuelle accumule de la matière entraînant un atterrissement naturel du milieu (Puglisi et al., 2005).

L'accumulation de litière, suite à une gestion inadaptée (ou inexistante) des roselières, participe au comblement du milieu et à sa régression dans l'ouest de l'Europe (Van der Putten, 1997; Larsson, 1994). De même, l'artificialisation et l'intensification des méthodes agricoles ou la pression urbaine et touristique contribuent aussi à la raréfaction de cet habitat (Larsson, 1994).

D'un côté, la roselière tant à se dégrader en l'absence de gestion, et d'un autre, cet habitat est reconnu pour abriter de nombreuses espèces d'oiseaux et de plantes. D'ailleurs, même si tous les stades de végétation présentent des espèces patrimoniales, ce n'est jamais autant le cas que dans les roselières mono-spécifiques (Ward, 1992). De plus, la roselière entretenue par une coupe hivernale est caractérisée par une très faible diversité floristique (Wheeler & Giller, 1982).

La coupe hivernale a plus d'effets sur les oiseaux que sur les plantes ou les invertébrés (Baldi & Moskat, 1995). Le maintien de zones non coupées permet de maintenir un couvert végétal pour la nidification des autres espèces d'oiseaux inféodées aux roselières. La préservation de ce couvert augmente la diversité en oiseaux et favorise notamment le rôle d'eau, le butor étoilé et le busard des roseaux (Ward, 1992). De plus, l'absence de tiges sèches au printemps empêche les rousserolles effarvates de nicher et réduit notamment la protection des premiers nids de foulque macroule (Nilsson, 1988). Une étude en estuaire de Seine associant captures d'oiseaux et relevés de végétation a montré que la roselière la moins attractive pour les communautés de paludicoles nicheurs étaient la roselière exploitée (Provost & Aulert, 2003). La coupe des roseaux a pour effet de réduire les densités de rousserolles effarvates et de phragmites des joncs (Graveland, 1999). La situation est identique en Hongrie, où la densité en passereaux nicheurs est deux fois moins élevée dans une roselière coupée que dans une roselière non coupée (Baldi & Moskat, 1995). D'autre part, les zones non exploitées permettent aux rousserolles effarvates et phragmites des joncs de nicher plus tôt en saison et donc, d'effectuer plusieurs nichées. Grâce au couvert végétal, ces oiseaux bénéficient en outre d'une prédation moins importante (Graveland, 1999).

Si les oiseaux évitent les zones de coupe, c'est que cette dernière a un effet direct sur la structure (hauteur, diamètre) et la densité des roseaux. En Camargue, la coupe du roseau réduit également le nombre d'espèces végétales (Mauchamp, 1998).

Le bilan de l'exploitation des roselières n'est cependant pas totalement négatif en ce qui concerne les oiseaux inféodés à ces milieux. La coupe peut avoir des effets neutres ou positifs : la richesse spécifique en période de reproduction dans les roselières coupées et non coupées est identique en Camargue (Poulin & Lefebvre, 2002). De plus, la coupe développe la biomasse végétale fraîche favorable aux insectes phytophages comme les homoptères, particulièrement recherchés par les passereaux migrateurs (Poulin & Lefebvre, 2002). Notons aussi que les non passereaux préfèrent les zones coupées, notamment les oies cendrés, vanneaux huppés, chevaliers gambettes et bécassines des marais, probablement pour des raisons d'alimentation (Baldi & Moskat, 1995) et d'ouverture du milieu. Les jeunes pousses sont souvent utilisées par les herbivores (cygnes ou foulques par exemple) pour leur alimentation et leur nidification (Ostendorp, 1989). Certaines espèces ou individus peuvent également nicher en zone faucardée comme la foulque macroule, *Fulica atra* (Osieck & Hustings, 1994) ; d'autres peuvent fréquenter ces milieux lors des gagnages nocturnes : canard colvert, *Anas platyrhynchos* et sarcelle d'hiver, *Anas crecca* (Blaize et al., 2004).

Et même si la gestion par la coupe a des effets négatifs indéniables sur certaines espèces d'oiseaux en période de reproduction, l'exploitation du roseau conserve malgré tout un intérêt pour le gestionnaire. A moyen terme, la coupe est généralement bénéfique au maintien de la qualité d'un marais et à son inondation (Poulin et al., 2005). La coupe hivernale permet d'exporter la matière morte, réduit son accumulation et favorise la minéralisation du sol (Gryseels, 1989a; Haslam, 1972). La coupe des roseaux a ainsi pour effet indirect d'aider au maintien d'une flore intéressante en évitant l'atterrissement puis la colonisation du marais par les ligneux (Ward, 1992; Cowie et al., 1992). La coupe hivernale à des fins commerciales est la meilleure façon de conserver une dominance des roseaux et le caractère humide des roselières, même si elles sont caractérisées par une très faible diversité floristique (Wheeler & Giller, 1982). Dans certaines régions, différentes pistes sont étudiées pour relancer l'activité de coupe et éviter la dégradation des roselières. Ces projets sont particulièrement pertinents dans des situations paradoxales telles que celle de la Brière, où malgré la présence de centaines d'hectares de roselière, la région importe annuellement quelques 200 000 bottes de roseaux (Berthelot, 2003). Enfin, la coupe annuelle anticipe l'émergence des nouvelles pousses et limite la dominance du roseau sur les autres espèces (Haslam, 1973). A plus long terme, l'exploitation de la roselière à une fréquence élevée appauvrit le sol et des apports en nutriments deviennent nécessaires pour maintenir la communauté végétale (Haslam, 1972).

1.4. Généralités sur le butor étoilé.

1.4.1. Le Butor étoilé, une espèce menacée et méconnue.

Dans le règne animal, les oiseaux font l'objet de très nombreuses études. Ces connaissances nous renseignent sur le statut de conservation de

chaque espèce. Ainsi, sur environ 10 000 espèces à l'échelle mondiale, 103 espèces ont disparu depuis 1800 et 182 sont aujourd'hui au seuil de l'extinction (BirdLife-International, 2000). Cependant le degré de connaissance est fortement dépendant des milieux dans lesquels vivent les oiseaux. Ainsi, par exemple, avant les années 60, les zones humides étaient largement négligées et probablement parmi les écosystèmes les moins connus (Williams, 1990). Ce n'est que dans les dernières décennies que des recherches se sont portées sur ces espaces d'une richesse biologique exceptionnelle. De plus, le volume des connaissances est aussi dépendant des traits de vie des espèces et de leurs mœurs.

Le butor étoilé se classe dans les espèces discrètes. Nous savons que l'oiseau vit le plus souvent caché dans les grands marais d'eau douce ou peu salée de plaine, pourvus de grandes étendues d'hélophytes (Duhautois et Marion *in* Rocamora & Yeatman-Berthelot, 1999). Il se retrouve plus particulièrement dans les roselières à *Phragmites australis* (Cramps & Simmons, 1977; Duhautois, 1984) où seul son chant particulier trahit sa présence. Ainsi, cette vie dissimulée dans un habitat particulièrement difficile d'accès et fermé ne facilite pas l'étude de l'espèce. Cette discrétion mêlée au caractère singulier de son chant lui aura d'ailleurs valu les mêmes persécutions que les chouettes ou les chauves-souris. Au moyen-âge, certains chants, dont celui du butor, étaient signes de mauvais présage ; les oiseaux pouvaient être tués ou mutilés (Rousselle, 1990; Braun, 1971; Self, 2005), voire naturalisés (P. Sabine, comm. pers.). C'est pourquoi les connaissances sur le butor étoilé apparaissent tardivement en Europe et les premières études portent d'ailleurs sur leurs vocalisations (Gilbert et al., 1994).

L'étude du chant, qui porte à plusieurs kilomètres, peut être une bonne méthode pour évaluer le nombre de butors peuplant un marais (Voisin *in* Yeatman-Berthelot & Jarry, 1994 (Yeatman-Berthelot & Jarry, 1994; Bibby et al., 1992; Poulin & Lefebvre, 2003). Ainsi, les premières données se résument essentiellement aux études qualitatives et sont limitées aux pays ayant des populations marginales, comme en Angleterre ou en France (Bibby & Lunn, 1982; Tyler, 1992; Hawke & Josè, 1996; Duhautois, 1984). Si le chant permet de suivre et connaître les tendances des populations de butors, en revanche il ne nous apprend rien sur les comportements des deux sexes et encore moins sur la biologie de la reproduction. Ainsi, jusqu'à récemment, les connaissances sur les facteurs de déclin de l'espèce étaient très fragmentaires.

De plus, contrairement aux autres hérons qui se reproduisent en majorité en colonies et dont les deux parents s'occupent de l'élevage des jeunes, le butor étoilé est polygame. Entre 1 et 5 femelles peuvent s'apparier avec un seul mâle (Gauckler & Kraus, 1965; Yeatman-Berthelot & Jarry, 1994) et elles s'occupent seules de la construction du nid et de l'élevage des jeunes. L'association de deux individus se limite à l'accouplement (Cramps & Simmons, 1977; Gilbert et al., in. prep.), et rien n'indique, *a priori*, que les exigences écologiques des mâles et des femelles de butors soient identiques. Cependant, nous manquons cruellement de données sur la reproduction, exceptée une étude pilote menée en Italie (Puglisi, 1998).

1.4.2. Description taxonomique et morphologique.



Proche des cigognes dans la systématique, les hérons sont presque aussi populaires. Avec leurs mœurs et leur morphologie particulière, ces oiseaux occupent une place originale chez les oiseaux. Il existe 60 espèces de hérons dans le monde et les cartes de distribution attestent que cette famille est pratiquement cosmopolite (Hancock & Kushlan, 1989). Affilié à cette famille, le butor étoilé *Botaurus stellaris* est classé dans la sous-famille des Botaurinae qui compte 2 genres, *Botaurus* et *Ixobrychus*, regroupant 12 espèces. Le genre *Botaurus* regroupe 4 espèces qui se répartissent dans le monde : deux espèces en Amérique, une espèce en Australie et une espèce en Europe/Afrique.

Figure 1. Butor étoilé adulte (Photo Philippe Sabine)

Le Butor étoilé, *Botaurus stellaris* (Linné, 1758) vivant en Europe ou « Grand butor » est un héron trapu de 70 à 80 cm de haut et de 1 à 1,30 m d'envergure. C'est le plus grand de la sous-famille des butors. Le dos est brun doré moucheté de noir et de raies brun foncé et noir roussâtre. Les ailes sont chamois roussâtre, plus sombres sur le bord antérieur et tachetées de noir. La calotte et la faible raie de la « moustache » sont noires (Géroudet, 1978). Ce plumage lui a valu le qualificatif d'étoilé et est semblable chez les deux sexes. Une étude récente précise que le critère de différenciation majeur pour le sexe est la couleur du lore (bleu chez le mâle en période de reproduction), la morphologie (bec, tarse, aile) et le poids. Pour l'âge, l'iris est le seul véritable critère en complément de l'état du plumage (Dzmitranok et al., 2007).

1.4.3. Biologie et conservation du butor étoilé : état des connaissances.

1.4.3.1. Distribution, effectifs et dynamique en Europe et en France.

Le butor étoilé a une distribution typiquement paléarctique (Del Hoyo et al., 1992). Il se reproduit en Algérie et dans la majeure partie de l'Europe centrale et méridionale, du sud de l'Espagne et du nord-ouest de l'Angleterre, via l'Asie centrale, jusqu'à l'océan pacifique, atteignant en Sibérie une latitude de 60° N (Hancock & Kushlan, 1989) (Fig. 2). Il niche également en Afrique dans des poches isolées du sud-est, de la Tanzanie méridionale et de la Zambie au Cap, mais sa distribution exacte sur ce continent demeure très mal connue. En Europe, depuis le 19^e siècle, sa distribution s'est fractionnée en une multitude de points indiquant les quelques grandes étendues marécageuses subsistantes, de l'Angleterre et du sud de la Suède à l'Andalousie et à la Bulgarie (Duhautois, 1984).

Le noyau principal de la population est centré sur l'est de l'Europe (Russie, Roumanie, Biélorussie, Pologne, Ukraine) où les effectifs sont de quelques dizaines de milliers d'individus (Rocamora & Yeatman-Berthelot, 1999. En Europe de l'Ouest, où les populations sont marginales, l'effectif

est souvent réduit à quelques centaines ou dizaines de couples du fait de la régression généralisée des habitats propices à l'espèce. Le butor étoilé est donc une espèce au statut européen défavorable, dont la majorité de la population mondiale se trouve hors d'Europe (Tucker & Heath, 1994). L'effectif européen est estimé entre 20 000 et 43 000 mâles chanteurs dont 10 à 30 000 en Russie et 1000 à 1800 en Biélorussie (Dzmitranok, 2002). L'espèce fait partie de la liste des oiseaux menacés figurant dans l'annexe I de la directive 79/409/CEE relative aux oiseaux sauvages. Actuellement, la population de l'Union européenne ne doit pas dépasser 1500 couples ; cet effectif est en diminution probable de 20 à 50 % par rapport aux années 70. Dans le même temps la distribution de l'espèce aurait également diminué de 20 à 50%. En définitive, près de 80 % des effectifs de la population européenne aurait subi un déclin d'au moins 20 % entre 1970 et 1990 (Tucker & Heath, 1994). Les populations d'Europe de l'Ouest sont maintenant petites et fragmentées et cela risque à terme de réduire les échanges entre populations. Toutefois, cette distribution est également le reflet de l'attachement de l'espèce aux marais épars densément peuplés en roseaux (Hagemeyer & Blair, 1997).

En France (Mayaud, 1936) (Fig. 3), l'espèce est considérée comme nicheuse dans la plus grande partie du pays : Lorraine, Sologne, Brenne, Brière, Camargue, et sans doute dans toutes les régions marécageuses de notre pays. La population française était estimée au milieu des années soixante entre 400 à 500 mâles chanteurs (Duhautois, 1984; Cramm, 2002). En 1983, le butor ne nichait plus que dans 24 départements, au lieu de 35 ou 36 quinze ans auparavant et on ne compte plus que 300 territoires environ, défendus par un mâle chanteur (Duhautois, 1984). Ainsi, près de 40% des grands butors de notre pays ont disparu en 20-25 ans. Depuis l'enquête de 1983, il semble que les effectifs de l'espèce se soient stabilisés (Duhautois & Marion *in* Rocamora & Yeatman-Berthelot, 1999), mais en 2000, une enquête nationale a indiqué que ces effectifs étaient de nouveau en baisse, avec 270 / 320 chanteurs (Cramm, 2002). Ainsi, la chute des effectifs semble se poursuivre en France depuis les années 70 mais avec un ralentissement sur la période 1983-2000. Les régions les plus densément peuplées sont la Camargue, les étangs littoraux méditerranéens du Languedoc-Roussillon (hors Camargue), les marais de Loire-Atlantique, la Brenne, la Lorraine, la Picardie et l'estuaire de la Seine.

1.4.3.2. Biologie de la reproduction.

La saison de reproduction du butor étoilé est annoncée par son cri mugissant émanant des roseaux denses ou d'un marais, généralement dès le début du mois de mars (Cramps & Simmons, 1977). Les nids sont le plus souvent constitués de tiges de roseaux (Polak, *in prep.*; Gilbert et al., *in prep.*; Géroutet, 1978) et la femelle en construit un nouveau chaque année (Polak, *in prep.*). Elle seule s'occupe de la construction du nid et de sa progéniture. Dans le cadre d'un programme de recherche LIFE NATURE (cf. §1.5), 141 nids ont été suivis (Bretagnolle & Demongin, 2005). La ponte la plus précoce est du 26 mars, la plus tardive se situe dans la semaine du 3 au 9 juin. Néanmoins, 85% des pontes sont déposées entre début avril et mi-mai. La taille des pontes complètes varie très peu d'une

année à l'autre ; la moyenne générale étant de $4,2 \pm 0,68$ (min = 3 ; max = 6 ; n = 50).

L'émancipation des jeunes a lieu à l'âge de 55 jours. Cependant, dès l'âge d'environ 15 jours, les poussins s'éloignent progressivement du nid jusqu'à rejoindre la femelle sur les zones d'alimentation (Puglisi & Bretagnolle, 2005).

L'essentiel des connaissances acquises sur la biologie de reproduction en France provient du programme LIFE. Les données sont synthétisées dans un rapport scientifique réalisé par le CNRS de Chizé (Bretagnolle & Demongin, 2005). Les données sur la biologie de la reproduction issues de l'estuaire de la Seine ont été mises à profit pour quelques publications récentes et en cours : (Puglisi & Bretagnolle, 2005; Demongin et al., 2007; Bretagnolle et al., Submitted).

En outre, la LPO a participé à l'élaboration d'un guide sur le butor étoilé en Europe dans le cadre d'un projet LIFE CO-OP piloté par le BSOE (Office national pour l'environnement de la région du Brandenburg) en Allemagne, et la RSPB (BirdLife au Royaume Uni).

Grâce au concours d'un réseau de gestionnaires de zones humides en France, un « recueil d'expériences » a également pu être édité (LPO, 2006), présentant les opérations de génie écologique les plus marquantes menées en roselières ces dernières années. Une plaquette intitulée « LIFE Butor étoilé - Bilan et perspectives 2001-2006 » a également été élaborée la même année. Ces documents sont disponibles sur le site web de la LPO : http://www.lpo.fr/etudes/life_nature/life_butor/conservation.shtml.

Enfin, suite au programme LIFE, un plan de restauration national est en cours de rédaction avec le Ministère de l'Écologie, du Développement et de l'Aménagement Durables.

1.4.3.3. Ecologie alimentaire.

Le régime du butor étoilé est opportuniste et comprend des poissons, des insectes et leurs larves, des crustacés, des serpents et des petits mammifères, voire des oiseaux et leurs poussins (Verheyen, 1948; Cramps & Simmons, 1977; Hancock & Kushlan, 1989). D'autres proies viennent compléter son régime alimentaire comme les batraciens (grenouilles et tritons), des vers, des sangsues et des mollusques (Géroudet, 1978). Les juvéniles se nourrissent surtout de têtards (Hancock & Kushlan, 1989) mais quelques études font état d'exception : en Russie, par exemple, un oisillon au nid ne se nourrissait que de rongeurs aquatiques (Dement'ev & Gladkov, 1951). La taille des proies peut atteindre celle du râle d'eau (Géroudet, 1978). Les poissons constituent toutefois l'essentiel de son alimentation et en particulier des cyprinidés. Les butors sélectionnent des espèces bien particulières et des poissons aux dimensions bien précises. Les régurgitats des jeunes étudiés en Angleterre sont composés essentiellement de rotengles, *Scardinius erythrophthalmus*, entre 6 et 10 cm et d'anguilles inférieures à 100 grammes (Gilbert et al., 2003). En Italie, l'analyse par vidéo et l'analyse des régurgitats dans les rizières montrent une prédominance d'amphibiens et d'insectes aquatiques. La vidéo sur un autre site a permis d'identifier 33 proies dont 32 de poissons de 6 cm à 18 cm et 1 grenouille (Puglisi, 1998). En Suisse, il est fait

mention de pêche de poissons, jusqu'à 42 captures en 50 minutes (Sermet, 1980). En Pologne, le régime alimentaire analysé à partir de régurgitats est dominé par la carpe, *Cyprinus carpio* élevée en pisciculture (Polak, in press).

Dans le cadre du LIFE en France, 129 pelotes et 51 régurgitats ont été collectés sur 5 sites, au cours des manipulations sur les nids (Poulin et al., 2004). Parmi les 2200 proies étudiées - qui constituent ainsi une bonne représentation du régime alimentaire des jeunes -, on observe 1342 écrevisses de Louisiane, 428 insectes aquatiques, 294 invertébrés terrestres, 84 poissons, 38 amphibiens, 10 couleuvres, 2 oiseaux et 2 rats. Selon les sites étudiés, on compte une dominante dans chacune de ces catégories. Ainsi, alors que 55 % des proies sont des insectes aquatiques dans l'estuaire de la Seine, les écrevisses de Louisiane représentent respectivement 69 % et 73 % des proies sur le Marais du Vigueirat et sur la Tour du Valat. Notons que les photographes et vidéastes de l'estuaire de Seine mentionnent diverses proies mais ce sont souvent de petits poissons et des larves d'insectes qui sont pêchées (P. Sabine, notes. pers.). La composition du régime alimentaire varie donc selon les sites, vraisemblablement en fonction des disponibilités alimentaires. Il existe des différences souvent marquées entre individus d'un même site. Il arrive que les butors pêchent à découvert, parfois comme le héron cendré (Halin, 1987). Ce genre de comportement est fréquemment observé en estuaire de Seine au sein des roselières coupées au cours des mois de mars à avril.

1.5. L'estuaire de la Seine, siège d'un programme national de conservation.

La tendance à la régression du butor étoilé est assez générale en Europe. Afin de pallier cette chute des effectifs, des programmes basés sur la restauration ou la recréation d'habitats favorables à l'espèce ont vu le jour en Europe (Angleterre, Allemagne, Pays-Bas, France). Depuis quelques années, des projets de grande envergure avec restauration de vastes zones humides sont entrepris ; ainsi est projetée la réhabilitation de la rivière Skjern au Danemark sur un bassin versant de 2200 ha, dont plus de la moitié a été drainée pour l'agriculture (Harrekilde Jensen, 2002). En France, la Ligue pour la Protection des Oiseaux (LPO) et ses partenaires ont engagé un programme national de restauration et de gestion des habitats du butor étoilé pour une durée de 5 ans (2001-2006). Cette opération s'appuie sur quatre grands axes :

- la restauration et la gestion des habitats du butor étoilé ;
- le renforcement des connaissances sur l'espèce par des études spécifiques ;
- le partenariat avec les acteurs socio-économiques pour la mise en place de mesures de protection ;
- des actions d'éducation à l'environnement destinées à un large public.

L'habitat de l'espèce n'avait auparavant jamais fait l'objet d'études aussi approfondies en France. La mise en œuvre de ce programme a donné lieu à

la rédaction de plusieurs rapports annuels (Maison de l'estuaire, 2002, 2003, 2004, 2005, 2006). C'est dans ce cadre qu'a été également réalisé le présent mémoire. Cette opération a été cofinancée par un programme LIFE, l'Instrument Financier pour l'Environnement (LIFE00NAT/F/7269), le Ministère de l'Ecologie, du Développement et de l'Aménagement Durables et de nombreux autres partenaires comme le Port Autonome du Havre ou l'Agence de l'eau Seine Normandie. Le LIFE est le seul outil financier de l'Union européenne entièrement dédié à la protection de l'environnement. Celui qui nous concerne est un LIFE NATURE spécialement conçu pour soutenir l'application des directives européennes « Oiseaux sauvages » de 1979 et « Habitats, Faune, Flore » de 1992, qui doivent déboucher sur la mise en place du réseau Natura 2000. Six sites français ont été retenus dans le cadre de ce programme : l'estuaire de la Seine (Réserve Naturelle Nationale), les étangs de Brenne, les marais de Rochefort, l'étang de Vendres, l'écocomplexe du Charnier-Scamandre et les Marais du Vigueirat (Fig. 4).

L'estuaire de la Seine s'avère être un site adéquat pour réaliser un programme de recherche appliqué à une espèce menacée telle que le butor étoilé (Fig. 5). En effet, l'estuaire a deux vocations majeures, l'une écologique, avec un espace de vie et de reproduction pour de nombreuses espèces végétales et animales, et l'autre économique, avec de multiples activités humaines notamment à caractères portuaire et industriel (Lesourd, 2000). L'estuaire est au cœur d'un environnement en constante évolution et largement modifié par les activités humaines. Par un phénomène d'atterrissement, la roselière a gagné plusieurs centaines d'hectares entre 1979 et 2000 sur la rive nord et à l'embouchure de l'estuaire de la Seine. De plus, elle fait l'objet d'une exploitation par la coupe depuis ses débuts ; le plus souvent, la gestion de l'eau y a été dépendante des activités humaines (agriculture, chasse, coupe) qui gravitaient au cœur ou en périphérie de ce milieu. Or, contrairement à la tendance nationale, l'estuaire de Seine bénéficie d'une augmentation de sa population de mâles chanteurs de butor étoilé. L'apparition de l'espèce date des années 70-80 et la progression récente de sa population ne survient qu'à partir de la fin des années 90.

1.6. Objectifs de l'étude : analyser et comparer l'habitat des mâles et femelles en lien avec les modes de gestion et élucider certains traits comportementaux.

Le butor est une espèce menacée, mais dont les dénombrements et les stratégies de conservation ont été basés sur la seule présence des mâles, seuls individus facilement détectables chez cette espèce. La question se pose donc de savoir s'il est possible d'inférer la présence des femelles à partir de celles des mâles. En d'autres termes, les habitats des mâles et des femelles sont-ils identiques chez cette espèce ? Le mâle chanteur est-il un bon indicateur de la qualité des roselières et leur abondance est-elle signe d'une population viable de butors ? Nous allons répondre à ces questions à partir des études effectuées sur les différents sites du programme LIFE et en particulier en estuaire de Seine. La comparaison des habitats a été réalisée à deux échelles spatiales différentes, correspondant à la sélection

du « macro-habitat » et à celle du « micro-habitat ». La première, uniquement étudiée en estuaire de Seine correspond à la sélection (éventuelle) exercée, aussi bien par les mâles que par les femelles, sur certains paramètres d'habitat prédisant leur présence (nous sommes ici, typiquement, à l'échelle du domaine vital). La deuxième échelle, étudiée sur différents sites en France, s'intéresse plus spécifiquement aux femelles et à la sélection de leur site de nidification. Par ailleurs, grâce à l'étude du territoire des mâles et à une recherche systématique des nids en estuaire de Seine, nous envisagerons d'analyser les relations spatiales qui existent entre la présence des mâles (ou de leur territoire) et celle des femelles (leur nid).

L'objectif final sera de comparer les critères retenus par les mâles et par les femelles. Notre étude débouchera sur des propositions concrètes de gestion, notamment vis à vis du compromis entre la pratique de la coupe de roseaux et la conservation du butor étoilé. Les résultats de l'estuaire de Seine seront confrontés avec ceux obtenus dans le sud de la France, où la croissance et la structure des roselières diffèrent. Ainsi, nous nous demanderons si les préconisations de gestion formulées en Normandie, à la suite de cette étude, sont applicables sur les autres sites abritant l'espèce et tout particulièrement en Camargue. Le premier niveau d'étude sera donc réalisé à petite échelle, à l'aide d'un système d'information géographique. Différents paramètres seront ainsi testés : milieux occupés, coupe de la roselière, degré d'humidité de la roselière, et proximité de l'eau libre. Le deuxième niveau sera à plus grande échelle et concernera l'étude des roselières *in situ* en prenant en compte les paramètres de végétation mesurés autour des nids recensés : densité et hauteur de la roselière, niveaux d'eau, diamètre du roseau.

Le rythme d'activité sur 24 heures d'une femelle au nid en période de nourrissage sera également étudié. Enfin, nous analyserons succinctement le caractère migrateur de l'espèce au travers du jeu de données acquis au cours du programme d'étude. Ceci confortera l'idée de travailler sur une vaste aire de distribution et nous permettra d'apporter des données quantitatives inédites.

Chapitre 2. CADRE GENERAL DE L'ETUDE.

2.1. Présentation du site d'étude.

2.1.1. Evolution du statut de conservation du site d'étude.

L'estuaire de la Seine, en aval de Tancarville, et particulièrement sa rive droite (« marais du Hode ») représente un ensemble de zones humides particulièrement riches sur le plan ornithologique. C'est la raison pour laquelle, ici, les statuts de protection sont parmi les plus élevés (Fig. 6). Selon la classification de Rocamora, l'estuaire de Seine se place au second rang des 285 ZICO étudiées en France, juste derrière la Camargue (Gallien, 2003). Cette Z.I.C.O.¹ a été délimitée en 1994.

Différentes études ont été menées à la fin des années 70 dans le cadre du Schéma d'Aptitude et d'Utilisation de la Mer de l'Estuaire de la Seine. Elles ont précisé le rôle majeur des marais et vasières dans le fonctionnement de l'écosystème estuarien. L'estuaire de la Seine se situe en aval d'un bassin versant qui représente en surface 12% du territoire national avec ¼ de la population hexagonale, 1/3 de la production animale et industrielle et plus de 50% du trafic fluvial. Il s'agit donc d'un site fortement anthropisé où les oiseaux tentent de cohabiter avec l'homme (Meybeck et al., 1998). Lancé en 1982 à l'initiative du ministère de l'Environnement, une ZNIEFF² de type I et une autre de type II recouvrent la majorité des habitats naturels de l'estuaire.

Une réserve conventionnelle est créée en avril 1985, impliquant les ports autonomes de Rouen et du Havre ainsi que le ministère de l'Environnement. La gestion a été confiée à la Cellule de Suivi du Littoral Haut Normand en 1990 dans le but de concilier les mesures de protection des zones humides, les impératifs de développement économique et d'assurer « l'équilibre d'un espace aux multiples fonctions ». Cette réserve couvre alors une superficie de 1800 hectares et est divisée en deux zones : une à vocation écologique « à long terme », l'autre à vocation industrielle mais qui sera préservée dans l'attente de son utilisation. Ce premier zonage sera la première mesure de protection importante pour le marais de l'estuaire de Seine. Elle se caractérise par l'absence de toute activité industrielle et agricole en dehors de la coupe de roseaux. Cependant cette zone ne concerne que le sud de la route de l'estuaire et représente finalement très peu de contraintes.

En 1990, les ornithologues du Groupe Ornithologique Normand (G.O.Nm) parviennent à faire reconnaître les richesses ornithologiques du site ; s'ensuit la création d'une ZPS³ « Estuaire et marais de la basse-Seine » de 2750 hectares. La construction du pont de Normandie s'achève en 1995 et s'accompagne de mesures compensatoires. Alors que celui-ci s'ouvre à la circulation, le port du Havre avance ses projets d'extension. A ce moment, nous assistons à une notable accélération des réflexions liées à la préservation des milieux naturels (Lecoquierre, 1998). On assiste alors à une mobilisation importante des acteurs locaux pour la protection du marais. Celle-ci aboutira à la création d'un collectif d'associations œuvrant

¹ Zone Importante pour la Conservation des Oiseaux

² Zone Naturelle d'Intérêt Ecologique Faunistique et Floristique

³ Zone de Protection Spéciale

pour la sauvegarde du patrimoine naturel de l'estuaire de la Seine : « SOS estuaire ».

Le 9 septembre 1993, le préfet de région met en place une commission de concertation pour la création d'une réserve naturelle nationale et à partir de 1996, un projet de classement est instruit par la DIREN de Haute-Normandie. Le 31 décembre 1997, le décret portant sur la création de la Réserve Naturelle Nationale de l'Estuaire de la Seine sur 3768 hectares voit le jour (Journal Officiel du 01-01-98) (voir annexe 1). Cette même année, la superficie de la Z.P.S. passe à 17000 hectares. En 1998, un arrêté nomme le conseil scientifique de la réserve, un autre, son comité consultatif puis en 1999 un nouvel arrêté met en place la formation restreinte du Comité Consultatif de la réserve. La même année, une convention de gestion portant sur la réserve naturelle est signée entre l'Etat et l'association Maison de l'Estuaire.

En 2000, la Z.P.S. est étendue et atteint la superficie de 18840 hectares (ZPS FR2310044). Cette extension est la conséquence d'une plainte déposée par le GONm et « SOS estuaire » qui aboutira à la condamnation de la France par la Cour européenne de justice pour insuffisance de désignation en Z.P.S. dans l'estuaire et insuffisance de protection dans la Z.P.S. (situation en 1995). En novembre 2004, la superficie de la Réserve Naturelle Nationale passe à 8528 hectares et englobe l'essentiel des milieux estuariens. L'estuaire de la Seine figure au sein du réseau Natura 2000 au travers de la Zone Spéciale de Conservation « Estuaire de Seine ».

2.1.2. Statut foncier du site d'étude.

Les terrains constituant la réserve naturelle sont en majorité sur le domaine public maritime affecté aux ports autonomes de Rouen et du Havre ainsi que sur le domaine public fluvial géré par le port autonome de Rouen (Fig. 7). On y trouve également :

- du domaine privé de l'Etat affecté au port autonome du Havre
- des propriétés privées du port autonome du Havre
- de récentes acquisitions du Conservatoire du Littoral et des Rivages Lacustres (parcelles récentes non représentées sur la carte)

Par conséquent, les redevances de location des mares de chasse comme des terrains agricoles reviennent aux ports autonomes ou au Conservatoire du Littoral. Avec la révision en cours du plan de gestion de la réserve naturelle nationale, ces redevances devraient revenir à la structure, gestionnaire du site à partir de 2008. Ces financements acquis pourront être utilisés pour la gestion et notamment pour financer des mesures d'adaptation des pratiques agricoles.

2.1.3. Création de l'Observatoire avifaune.

En octobre 2003, un arrêté porte sur la création d'un observatoire de l'avifaune sur la Z.P.S. de l'estuaire et des marais de la basse Seine. Cet observatoire a comme objectifs :

- d'évaluer le rôle de l'estuaire et de la basse Seine comme halte migratoire, zone de reproduction et zone d'hivernage sur l'axe Ouest Paléarctique ;
- de collecter les données et réaliser des expertises afin d'évaluer la pertinence des mesures de gestion de la Z.P.S. et des marais de la basse Seine et proposer éventuellement des mesures pour optimiser cette gestion afin d'accroître la capacité d'accueil de celle-ci dans le respect des autres compartiments de la biodiversité ;
- de participer au programme de l'observatoire national en compatibilité avec les objectifs premiers de l'observatoire avifaune de l'estuaire et des marais de la basse Seine ;
- d'informer les gestionnaires et le public, spécialisé ou non.

L'observatoire comprend deux maîtres d'ouvrage dont un coordinateur : la Maison de l'Estuaire et un maître d'ouvrage délégué : le Parc Naturel Régional des Boucles de la Seine Normande. Un comité technique valide les protocoles d'études et les propositions d'action. Un comité de pilotage valide les programmes proposés par la Maison de l'Estuaire.

2.1.4. Les grandes unités écologiques de l'estuaire de la Seine.

Situé à l'interface entre le continent et la mer, le marais couvre deux grands ensembles qui s'équilibrent différemment dans l'espace et dans le temps. La réserve naturelle nationale de l'estuaire est une zone humide représentative de l'estuaire macrotidal : l'influence des marées y est déterminante sur plus de la moitié de sa surface. Parallèlement, les activités humaines ont un impact important sur l'évolution du marais et sa végétation. L'objectif de la réserve naturelle est de maintenir les fonctionnalités écologiques de l'estuaire au fur et à mesure des aménagements. Le paysage est constitué d'une succession d'habitats (Fig. 8), caractérisés par des groupements végétaux qui dépendent d'un gradient de salinité et d'humidité. Ce vaste espace alluvionnaire est bordé au nord par les falaises crayeuses qui aboutissent au plateau de Caux et au sud par les reliefs plus doux du pays d'Auge.

Différents habitats se succèdent : vasières, milieux dunaires, schorres, roselières, mares, prairies subhalophiles, prairies dulçaquicoles, bois. L'avifaune est relativement bien connue. Sa richesse résulte de la position de l'estuaire sur les grandes voies migratoires de la façade atlantique et l'existence d'habitats riches et diversifiés comme les prairies humides ou les roselières. D'une manière générale, les espèces des vasières comme l'avocette élégante, *Recurvirostra avosetta*, ou le canard pilet, *Anas acuta*, régressent au profit des espèces des roselières comme les fauvettes paludicoles, *Acrocephalus sp.*. Les espèces d'oiseaux les plus emblématiques de l'estuaire sont le râle des genêts, *Crex crex*, le phragmite aquatique, *Acrocephalus paludicola*, le butor étoilé, *Botaurus stellaris* ou la spatule blanche, *Platalea leucorodia*.

Les compartiments subtidal et intertidal font l'objet de programmes de recherche importants en estuaire de Seine. Les vasières constituent une nourrisserie importante pour les juvéniles de poissons ; la faune benthique

apparaît comme l'élément majeur situé à la base de nombreuses chaînes alimentaires. La flore est étudiée dans le détail sous l'angle phytosociologique depuis 2005. La présence de groupements végétaux rares et la diversité exceptionnelle vient d'une part de la présence de nombreuses zones de transition et de la multiplicité des pratiques de gestion. Cette diversité s'exprime selon des variations de topographie et de salinité au sein de l'éco-complexe (Blandin & Lamotte, 1984) estuarien. Les mares de chasse comme les anciennes chambres de dépôts de dragage sont des espaces d'une grande richesse végétale.

2.1.5. Ouvrages hydrauliques et gestion de l'eau.

Le marais de l'estuaire de la Seine est soumis pour partie à l'influence naturelle des marées et pour partie à un régime hydraulique contrôlé par le gestionnaire. Le rôle des marées est déterminant vis à vis des autres apports (Maison de l'estuaire, 2000). Au sud de la route de l'estuaire, la sédimentation importante sur la zone de balancement des marées entraîne une remontée de la topographie des terrains et un comblement des chenaux naturels. Ceux-ci alimentent en eau la partie nord-est de la roselière et également une partie des prairies humides et roselières situées au nord de la route de l'estuaire.

Un aménagement de diguettes, équipées de vannes, a eu lieu en 1996 et 1997 afin de maîtriser les niveaux d'eau et de maintenir la circulation de l'eau, voire de la rétablir en certains secteurs (Cellule de Suivi du Littoral Haut-Normand, 1995) (Fig. 9). L'alimentation en eau se fait par le biais des deux principales filandres qui communiquent avec la Seine (la crique à Tignol et la Grande crique). Cet aménagement entre dans le cadre des mesures compensatoires du barreau de raccordement du pont de Normandie à l'autoroute A29. Le principal objectif de cet aménagement était de maintenir une roselière humide au sud et au nord de la route de l'estuaire, pour l'accueil de l'avifaune et le maintien d'une bonne qualité de roseau pour la fauche.

La gestion hydraulique au sein de la réserve est soumise à un cahier des charges annexé au plan de gestion. Ce document fixe les cotes hydrauliques à respecter par grande entité hydraulique et par période. Il a été défini au moment de la rédaction du plan de gestion et constitue un compromis entre plusieurs usagers (paysans, chasseurs, coupeurs de roseaux, gestionnaire de la réserve) (Maison de l'estuaire, 2000). Avant la création de la réserve naturelle nationale en 1999 et la rédaction de son plan de gestion, les niveaux d'eau étaient gérés selon les pratiques de la chasse et l'agriculture. Dès la fin de la saison de chasse, c'est-à-dire, fin février, les vannes étaient toutes ouvertes pour permettre aux agriculteurs d'amener leur bétail sur les prairies humides du nord de la route. Ceci avait pour conséquence un assèchement du marais au printemps (C. Bessineton, comm.pers.).

2.1.6. Processus d'atterrissement et de progression de la phragmitaie.

2.1.6.1. historique des aménagements et conséquences sur la sédimentation dans l'estuaire.

Dans l'estuaire de la Seine, l'évolution des espaces intertidaux de l'estuaire aval est surtout la conséquence des travaux liés à l'amélioration de la navigation (Verger, 1968; Avoine, 1981). La géométrie actuelle de l'estuaire résulte essentiellement des travaux successifs qui ont régulé le cours du fleuve en lui imposant un axe d'écoulement calibré, et du comblement progressif de l'estuaire par les sédiments (Lesueur & Lesourd, 1999). Différents aménagements ont modelé l'estuaire pendant plus d'un siècle (Fig. 10). Ils ont modifié considérablement le régime hydraulique, la circulation des espèces et les équilibres entre les milieux ou provoqué des dérangements. Les ouvrages de desserte de Port 2000 cernent par exemple la réserve naturelle nationale (pont de Normandie, A29, barreau de raccordement). D'autres voies traversent le site comme la route de l'estuaire et une voie de chemin de fer. Ces voies particulièrement fréquentées par les poids lourds peuvent causer de graves problèmes de collision avec l'avifaune. Ainsi, entre décembre 2000 et avril 2006, 10 individus de butor étoilé et pas moins d'une trentaine d'espèces sont morts après avoir heurtés un véhicule sur la route de l'estuaire et ses abords (Maison de l'Estuaire, notes pers.). Ces résultats vont aboutir à la fermeture de la route de l'estuaire pour les non usagers et notamment pour les poids lourds. Des travaux d'aménagements sont en cours pour dévier la circulation.

L'envasement est lié au cycle complexe des particules fines, d'origine mixte (continentale et marine). Il s'explique par la transformation profonde de l'espace estuarien liée aux multiples aménagements entrepris depuis un siècle et demi. Ainsi, le nouveau « Port 2000 » a contribué à rétrécir l'estuaire à son embouchure et à en modifier considérablement les mécanismes hydrosédimentaires (Maison de l'estuaire, 2000). La gestion du chenal de navigation de Rouen et des digues peut avoir un impact sur l'alimentation de la réserve en eau, en sels et en énergie hydraulique. Durant la période de « l'estuaire sauvage », la superficie des espaces intertidaux (vasières) est passée de 140 km² en 1677 à 130 en 1834. Suite aux aménagements (digue insubmersible nord à partir de 1898, digue submersible nord en 1950, épi du Hode en 1974, remblai du pont de Normandie en 1988...) cette superficie n'était plus que de 57 km² en 1962, 31 km² en 1978 et 29 km² en 1992 (Avoine, 1981; Avoine, 1994).

Le facteur déterminant du comblement du chenal nord entre les deux digues (délimitant le nord et le sud de la roselière actuelle) fut la construction d'épis, avec principalement l'épi du Hode. Entre cet épi et l'emplacement du pont de Normandie, on observait un dépôt de $37 \cdot 10^6$ m³ de sédiments entre 1963 et 1986 (Lesourd, 2000). Il s'opposa à la circulation alternative des eaux liée aux marées et délimita un bassin de décantation qui se combla progressivement vers l'aval. (Lesueur & Lesourd, 1999). Pour la partie nord de l'estuaire de Seine, qui nous concerne tout particulièrement dans ce mémoire, la superficie de la slikke de la vase nord (anciennement appelée « Grande Vasière ») est passée de

1000 ha (10 km²) en 1974 à 255 ha (2,5 km²) en 1997 (CSLHN⁴, 1999). Parallèlement, entre ces deux dates, le schorre (ou « herbus ») est passé de 188 ha à 933 ha (CSLHN, 1999).

L'estuaire s'est donc « rétréci » et le volume oscillant (quantité d'eau entrant dans l'estuaire au cours du flot) a été divisé par quatre, passant de 870 millions de mètres cubes en 1834 à 220 millions de mètres cubes en 1980 (Avoine, 1981). La vasière nord reste le plus grand espace intertidal de l'estuaire de la Seine. Sa morphologie actuelle résulte des travaux dont les plus récents sont liés à l'agrandissement du port du Havre (Port 2000) et au remblai du pont de Normandie (1988-89). Celui-ci a scindé la « Grande Vasière » en deux zones distinctes, à l'ouest les reliquats de cette Grande Vasière et à l'est un vaste schorre rapidement colonisé par la phragmitaie, et sur laquelle a été implantée une vasière artificielle (Bessineton, 1997; Lesourd, 2000).

2.1.6.2. Evolution de la surface en phragmitaie.

La comparaison des photographies aériennes de l'estuaire illustre le caractère spectaculaire de la sédimentation dans l'estuaire de la Seine, voué à une continentalisation progressive (Lesueur & Lesourd, 1999). De 1963 à 1986, le taux de sédimentation moyen est de l'ordre de 0,5 à 0,6 m par an. La majeure partie des fonds dépasse maintenant la cote + 8m C.M.H.⁵, favorisant un développement accéléré du schorre. Entre 1978 et 1985, en raison d'une sédimentation rapide sur la vasière nord, la limite du schorre a ainsi progressé très rapidement, de l'ordre de 50 à 150 m par an. En sept ans, la surface couverte par les herbus s'est accrue d'environ 4 km² (extension annuelle moyenne de 58 ha). Entre 1985 et 1994, la limite du schorre a progressé d'environ 500 m vers le sud (vitesse moyenne d'avancée annuelle de 55m). Pendant cette période (construction du pont de Normandie), la surface couverte par la végétation s'est encore accrue de 1,9 km² (extension annuelle moyenne de l'ordre de 21 ha) (Avoine et al., 1996). Il n'existe pratiquement plus de zones intertidales en amont du pont de Normandie, et les hauts niveaux occupés par la végétation halophyle sont progressivement transformés en marais maritimes puis en roselière à *Phragmites australis*, révélatrices de leur continentalisation.

La première carte de végétation sur l'estuaire a été réalisée en 1979 (Frileux & Le Neveu, 1980). Cette carte a été géoréférencée puis a été intégrée dans un S.I.G.. La limite de végétation de la roselière a fait l'objet d'une vectorisation de manière à évaluer la progression spectaculaire de la phragmitaie sur l'ensemble de l'estuaire. En 1979, la surface de phragmitaie était de 364 hectares alors qu'en 2000, elle est de l'ordre de 1300 hectares (Fig. 11).

2.1.6.3. Description de la phragmitaie.

Plusieurs types de roselières sont présentes en fonction des modes de gestion pratiqués, des paramètres hydrauliques et des conditions de salinité (Aulert et al., 2006a) (Fig. 12). L'espèce dominante est le phragmite

⁴ Cellule de Suivi du Littoral Haut-Normand

⁵ Cotes Marines du Havre

commun (*Phragmites australis*). La roselière à typhas (*Typha angustifolia* et *latifolia*) est pratiquement inexistante. Dans cette étude, la roselière est traitée sous un angle mono-spécifique mais selon les variations des facteurs écologiques (salinité et humidité) ce groupement laisse la place à d'autres formations végétales mieux adaptées à ces nouvelles conditions stationnelles. C'est ainsi que se forment les diverses ceintures de végétation et que s'élabore, à l'intérieur de chacune d'elles, une mosaïque de groupements différents, colonisant respectivement les mini-buttes ou les faibles dépressions. Ces groupements estuariens régulièrement envahis par la mer sont aussi humidifiés par les eaux douces de ruissellement ou de la nappe phréatique. Au moment de l'étude, les données géoréférencées ne permettaient pas de traiter ces variations fines des groupements végétaux, il n'y avait donc pas de distinction au sein de ce massif en apparence homogène. Dès le début cependant, nous avons distingué deux types de roselières :

- les roselières humides, qui présentent des niveaux d'eau variant naturellement ou par l'intermédiaire d'un réseau de vannes.
- les roselières sèches, qui correspondent aux secteurs exondés, les plus élevés topographiquement. Ces roselières peuvent correspondre à des formations végétales de type mégaphorbiaie.

La roselière de la réserve naturelle est gérée au travers du plan de gestion. Les différents modes de gestion tels qu'ils étaient arrêtés pour le premier plan de gestion, donc jusqu'en 2007, sont représentés dans la figure 12.

2.1.7. Le climat océanique.

Le littoral normand est directement influencé par les conditions maritimes. Nous bénéficions d'un climat de type océanique pur (Météo-France). Si les précipitations les plus importantes se situent sur le plateau de pays de Caux, elles sont modérées à l'embouchure de la Seine. Une partie de l'eau tombée sur le plateau cauchois resurgit au pied des falaises sous forme de sources, puis s'évacue en direction de la Seine, alimentant les prairies humides et le canal de Tancarville (Deschandol, 2003). Les précipitations annuelles moyennes dans l'estuaire de Seine sont de 800 mm.

Les écarts de températures sont atténués par l'influence maritime. Les gelées sont de courte durée et les chutes de neige assez rares. Les vents de Sud-Ouest sont les vents dominants (Météo-France, station du Cap de la Hève). Les vents d'Ouest peuvent provoquer des sur-cotes importantes qui, combinées aux basses pressions et aux forts coefficients de marées, peuvent atteindre un mètre (Maison de l'estuaire, 2000).

2.1.8. Les activités socio-économiques et leur influence : un espace de paradoxes.

La réserve naturelle nationale de l'estuaire de la Seine se situe entre deux espaces industriels majeurs, celui du Havre et celui de Port-Jérôme. Elle est de ce fait considérée comme un espace de nature périurbain. Pôle

portuaire, logistique et industriel d'envergure européenne, la région havraise et ses 300 000 habitants bénéficient de la proximité immédiate de la région parisienne. La ville du Havre a payé un lourd tribut aux bombardements de 1944 ; en lieu et place a été reconstruite une ville moderne selon les plans de l'architecte Auguste Perret. La ville est classée par l'UNESCO depuis le 15 juillet 2005. Elle est en effet considérée par les historiens et les urbanistes comme l'une des réalisations les plus significatives du XXe siècle dans ce domaine.

La réserve naturelle nationale de l'estuaire de la Seine est située dans un estuaire aux enjeux industriels, sociaux et écologiques complexes. Sa légitimité est parfois remise en question. La concertation avec les usagers est la priorité donnée pour atteindre les objectifs de la réserve. Mais l'appui des hautes instances administratives est bien souvent nécessaire pour veiller au bon respect des réglementations en vigueur.

Des mesures d'accompagnement environnementales ont été mises en place suite à la création du nouveau Port 2000. Elle porte notamment sur la reconstitution de vasières, la création d'un reposoir de marée haute, d'un îlot en Seine pour les larvo-limicoles et la création d'une plage écologique.

De nombreuses autres activités sont présentes sur l'estuaire, ce qui fait de cette réserve naturelle nationale une des plus anthropisées de France. La réserve englobe environ 150 exploitations agricoles sur la rive nord. Trois catégories de pratiques se distinguent : la maïsiculture, le pâturage et la fauche. L'activité de coupe de la roselière est bien implantée et regroupe 6 exploitants. La chasse est autorisée sur la réserve naturelle nationale selon les règles en vigueur hors des réserves de chasse maritime. Cette activité concerne 199 gabions rive nord et 15 en rive sud. 203 mares sont présentes dans le périmètre de la réserve naturelle nationale. Cette chasse se pratique aussi à «la botte» et à «la passée». L'association de Chasse du Domaine Public Maritime comptabilise environ 2000 membres. Par ailleurs, la pêche commerciale est particulièrement bien développée au sein du prisme estuarien.

Il existe enfin assez peu d'activités de loisirs sur la rive nord de la Seine : sorties naturalistes organisées par diverses associations, promenades pédestres et sports mécanisés tout-terrain en périphérie de la réserve. En revanche, la rive sud de l'estuaire se démarque par le développement du tourisme balnéaire (Honfleur, Trouville-sur-Mer).

2.2. La roselière.

2.2.1. Biologie du roseau commun.

Le roseau présente un système rhizomateux souterrain important, vivace, et dont la biomasse représente environ les 2/3 de celle de la plante (Haslam, 1973). Comme chez toutes les graminées, la tige feuillée se compose (Frileux & Le Neveu, 1980) :

- d'une partie végétative avec un chaume, tige creuse présentant des nœuds sur lesquels s'attachent les feuilles, elles-mêmes composées d'une gaine et d'un limbe. Cette tige atteint couramment 2m de hauteur ;

- d'une inflorescence de type rameuse, formant une panicule brune généralement de plus de 20 cm.

Les tiges feuillées sont annuelles. La biomasse aérienne des roselières est considérable, en moyenne et à son maximum (août), elle atteint de 1000 à 2000 g/m²/an de matière sèche (Centre de Découverte de la Nature du PNR de Brotonne, 1990). Les feuilles tombent à l'automne, les tiges se lignifient puis fanent à partir de l'automne (Ingram et al., 1980). Le chaume mort reste en place jusqu'à la saison suivante où il finit par se dégrader. Les fleurs de roseaux sont le plus souvent stériles et la propagation de la plante se fait essentiellement par multiplication végétative suite au développement du système rhizomateux. Ce mode de propagation donne au roseau un pouvoir colonisateur important et une compétitivité remarquable vis à vis des autres espèces végétales.

Il s'ensuit donc la formation de vastes groupements mono-spécifiques très denses. La partie hypogée est constituée d'un enchevêtrement très dense de rhizomes s'étalant de la surface du sol, depuis 2 cm jusqu'à 1 m de profondeur (avec un maximum sur les 50 premiers centimètres). Sur ces rhizomes se développent les racines, de petite taille. La biomasse érigée maximale se situe en octobre et peut atteindre 33T/ha (Radoux, 1977 in Centre de Découverte de la Nature du PNR de Brotonne, 1990). Les rhizomes sont de diamètres et de longueurs variables, particulièrement coriaces et solides. Les gros rhizomes se présentent comme des tiges creuses d'environ 2 cm de diamètre, légèrement ovoïdes. Leur enchevêtrement contribue donc à élever d'autant la surface du sol (sur 50 cm d'épaisseur de tapis rhizomateux, 5 à 8 cm sont en fait constitués par le vide interne des rhizomes). Une même pousse annuelle peut atteindre 1,50 à 2 m de longueur (Ingram et al., 1980).

2.2.2. Exigences écologiques du roseau commun.

Les principaux facteurs écologiques influençant le développement des roselières sont (Centre de Découverte de la Nature du PNR de Brotonne, 1990) :

- le niveau de la nappe phréatique ;
- la teneur en sels minéraux ;
- la température ;
- la lumière ;
- l'accumulation de la litière ;
- l'arrachement ;
- les facteurs anthropiques.

Ces facteurs peuvent agir sur l'état structurel de la roselière. Certains facteurs anthropiques contrôlables tels que la coupe ou la gestion de l'eau seront détaillés dans les chapitres suivants (résultats et discussion). Nous reprenons ici deux facteurs pouvant influencer l'état de la roselière et donc modifier le milieu de vie du butor étoilé : la teneur en sels minéraux et l'accumulation de litière.

Le développement de la roselière est favorisé par une abondance en sels nutritifs (eaux eutrophes) (Centre de Découverte de la Nature du PNR

de Brotonne, 1990). Le roseau commun est considéré comme une espèce tolérante au sel mais il est démontré que c'est un agent qui a un effet stress sur sa croissance (Hellings & Gallagher, 1992; Lissner & Schierup, 1997; Ingram et al., 1980; Mauchamp et al., 2001). Les teneurs en sel en Camargue sont plus importantes dans les roselières non coupées ce qui tendrait à réduire la richesse spécifique (Poulin & Lefebvre, 2002). De même, une étude menée en estuaire de Seine (Provost & Aulert, 2003) a montré un gradient de salinité au sein de quatre roselières, qui se trouve être l'inverse de la diversité floristique. Toutefois, lorsque la teneur en chlorure de sodium est supérieure à 2g/l, les roseaux sont endommagés (Haslam, 1973). L'évaporation estivale peut provoquer de fortes concentrations temporaires.

Alors que 75% des rhizomes supportent une salinité de 22.5 ‰, seulement 12% des jeunes pousses survivront à ce taux de salinité (Lissner & Schierup, 1997). A partir d'un taux de 35 ‰ à 50 ‰ le roseau meurt (Lissner & Schierup, 1997). La limite de tolérance du taux de salinité est située entre 5 et 25 ‰ dans la plupart des études (Lissner & Schierup, 1997). La première réponse à un taux de salinité élevé chez le roseau est la baisse de production de feuilles (Lissner & Schierup, 1997). La croissance du roseau diminue avec l'augmentation de la salinité, ainsi 50% des roselières du sud de la France présentent une croissance plus faible comparativement aux roselières en eau douce à partir d'une salinité de 7.5 ‰ (Mauchamp & Mésleard, 1999). De même la biomasse d'une roselière diminue avec l'augmentation de la salinité (Mauchamp & Mésleard, 1999). Par ailleurs, le phosphore, en très faible concentration, peut être un facteur limitant de la croissance du roseau (Mascama *in* Haslam, 1973). Les valeurs optimales de PH pour le roseau se trouvent entre 5,5 et 7,5 (Gorham & Pearsall, 1956). Lorsque Ca, Mg et S sont en excès, ils peuvent être défavorables pour le phragmite (Hecker, 1991).

Les roselières non perturbées, en l'absence de pâturage précoce, d'assec hivernal et de coupe, présentent des roseaux avec un diamètre et une hauteur importante tandis que leur densité est faible. En effet les bourgeons profonds et de fort diamètre se développent préférentiellement aux bourgeons de surface et de faible diamètre (Haslam, 1971). Ainsi la densité est relativement faible mais les tiges sèches et la litière provoquent une diminution du nombre de bourgeons, et donc de la densité. La roselière produit chaque année une grande quantité de biomasse. Les herbivores en consomment une faible part, le reste venant s'accumuler au sol en une épaisse litière, qui parfois se décompose difficilement.

Cette litière protège les rhizomes des températures basses mais devient une gêne mécanique à l'émergence des bourgeons (Centre de Découverte de la Nature du PNR de Brotonne, 1990). Dans ce cas, la baisse de productivité peut atteindre 40 % (Radoux, 1977 *in* Centre de Découverte de la Nature du PNR de Brotonne, 1990) et engendre à long terme le développement d'autres plantes (Centre de Découverte de la Nature du PNR de Brotonne, 1990). Ces dernières sont généralement des espèces dites eutrophes favorisées par l'accumulation de matière organique, tels le liseron, *Calystegia sepium*, ou l'ortie, *Urtica dioica*. Sans gestion, les roselières peuvent être attaquées par des parasites. Un vieux massif présente de nombreuses tiges parasitées, état qui les rend plus fragiles.

Elles ont alors tendance à se casser, ce qui provoque une levée de la dominance apicale et le développement de rejets latéraux (Verhaegen, 1987).

2.2.3. L'exploitation des roseaux : origine et pratique en estuaire de la Seine.

Le roseau est largement exploité à des fins commerciales pour la confection des toits et comme cellulose brute (Ingram et al., 1980). La Camargue et le delta du Rhône présentent une longue tradition de coupe et chaque année ce sont 2000 hectares qui sont exploités sur les 8000 hectares disponibles, soit 25% de la surface totale (Mathevet, 2000).

Comme nous avons pu le voir, la roselière a connu une progression spectaculaire en estuaire de la Seine. Les exploitants de roseaux en activité sont au nombre de six, réunis en deux associations. Le bilan de la coupe pour l'année 1999 donne 140000 bottes de roseaux (Maison de l'estuaire, 2000). La coupe concerne environ 30 à 40 % de la surface en roselière. Cette activité est apparue en estuaire de Seine dans les années 70. Elle s'est développée parallèlement à l'augmentation de surface de la roselière. Dès 1985, il est fait mention de « plan de coupe » dans le cadre de la mise en place de la réserve conventionnelle. Ce plan de coupe prévoyait la préservation des biotopes particulièrement intéressants et y interdisait la mise en place d'activités agricoles et industrielles. L'exploitation des roseaux excrus du sol sur les terrains alluvionnaires rive droite de la circonscription des ports autonomes de Rouen et du Havre était réglementée par des cahiers des charges.

Depuis la mise en place de la réserve conventionnelle, les roseaux sont coupés, au plus tard, le 15 mars de chaque année. Depuis la saison 2000-2001, un nouveau cahier des charges est appliqué pour l'exploitation des roseaux sur la réserve naturelle nationale de l'estuaire de la Seine. Ces modalités de coupe sont annexées au plan de gestion de la réserve (Maison de l'estuaire, 2000) et précisent les restrictions environnementales à respecter pour l'exploitation des roseaux, en vue notamment de respecter la nidification des oiseaux. Depuis cette saison, les conventions de coupe sont fixées pour une durée de cinq ans, après attribution des lots par appel d'offre restreint (Fig. 13). Cette durée permet de suivre le même pas de temps que le plan de gestion de la réserve naturelle, d'assurer la pérennisation des exploitants en place et de mesurer la pertinence de la gestion mise en place. Un nouvel allotissement a été réalisé en collaboration avec les ports, les exploitants et le gestionnaire. Il est en vigueur pour la période 2001-2006.

La période de travaux de coupe est fixée entre le 15 novembre et le 15 mars. L'ensemble des produits du faucardage est enlevé sans préférence de qualité. Des zones de non-intervention doivent cependant être respectées. Ainsi, 20% de la surface de chaque lot situé sur le port autonome de Rouen doit-elle être laissée sur pied. Ces zones sont en partie redéfinies chaque année en fonction du positionnement des mâles chanteurs de l'année. Elles sont matérialisées par des perches en bambous et délimitent une zone de non coupe d'un hectare. Sur les terrains du port autonome du Havre, 20% de la surface totale exploitable doit être laissée

sur pied. Ce pourcentage comprend 10% fixe en raison de la présence de zones très humides et 10 % de la surface de chacun des lots (lot de plus petite surface que sur les terrains du port autonome de Rouen. La localisation de ces derniers 10% est également balisée sur le terrain et correspond aux postes de mâles chanteurs.

Notons par ailleurs que le décret de création de la réserve naturelle interdit la pratique du feu sauf à des fins de gestion. Ces mesures ne sont pas accompagnées d'aides financières et le gestionnaire déplore chaque année le non-respect de certains îlots à laisser sur pied.

Chapitre 3. Matériels et méthodes.

3.1. Délimitation de la zone étudiée.

Entre 2000 et 2005, nous obtenons une répartition assez large et étendue des mâles de butors au sein de l'estuaire de la Seine (voir § 3.2). Nous avons retenu l'ensemble des postes de chant pour nos analyses, sans faire de distinguo dans les indices de mâles chanteurs (n=158).

A partir de ces postes de chant, nous avons défini un polygone de présence de mâles pour le travail concernant la sélection de l'habitat chez ces individus. Les limites de ce polygone (Minimum Convex Polygon, MCP) ont été étendues à un rayon supplémentaire de 300 mètres, compte tenu des premiers résultats obtenus sur les domaines vitaux (voir § 6.2). Les milieux disponibles au sein de ce polygone sont actualisés chaque année (coupe / absence de coupe). Ce polygone sert de base de référence pour toutes les années ; nous y avons calculé et représenté les milieux présents (unités écologiques) (Fig. 14).

Dans la suite du document, nous appellerons ce polygone « zone disponible mâle » ; il sera utilisé pour comparer les milieux disponibles pour les mâles à ceux réellement utilisés.

Les nids trouvés entre 2001 et 2005 (n=37) sont inclus dans la zone de présence des mâles. Nous avons appliqué la même technique que pour la définition de la zone disponible pour les mâles, à savoir un MCP augmenté de 300 mètres (distance à laquelle les femelles peuvent aller fréquemment se nourrir).

Dans la suite du document, nous appellerons ce polygone « zone disponible femelle » (Fig. 14). C'est aussi au sein de ces zones disponibles que nous effectuerons des tirages aléatoires pour tester la sélection de certains paramètres (distance à l'eau libre, distance aux zones de non coupe, topographie).

3.2. Suivi des mâles chanteurs, des nids et rythme d'activité.

3.2.1. Dénombrement et répartition des mâles chanteurs.

3.2.1.1. Généralités sur les techniques de dénombrement et le chant.

L'objectif du dénombrement des butors est de suivre l'évolution des populations en période de reproduction. La probabilité pour qu'un mâle ne chante pas sur un site de nidification est très faible. En Angleterre, sur 10 années de suivi, il n'y a eu qu'un seul cas de nidification probable sans présence de mâle chanteur (Gilbert et al., 2002).

Dans le cadre du programme LIFE, les dénombrements sont réalisés pendant la période d'activité maximale de chant au cours des mois d'avril à mai (Van der Hut, 2001). En Angleterre, le début de la période de chant est déterminé en fonction des hauteurs d'eau et de la densité en poissons (Gilbert et al., in. prep.). De même, un hiver rigoureux et long semble retarder et réduire la période de chant (Polak, in press). Enfin, le pic d'activité des chanteurs correspond à la période de fertilité des femelles (Polak, in press). Ceci peut expliquer le décalage des périodes de chant en estuaire de Seine (début des chants de mi-mars à fin avril).

Pour les écoutes des mâles chanteurs, nous avons tenu compte du pic d'activité des chanteurs, autour de l'aube et du coucher du soleil (Gilbert et al., 1994), c'est-à-dire, durant les deux heures précédant le lever du soleil et au cours des 30 minutes précédant le coucher du soleil jusqu'à 1 heure après celui-ci (Poulin & Lefebvre, 2003). Les recensements sont effectués en l'absence de pluie et de vent. En Camargue, l'activité de chant diminue avec la pluie et l'augmentation de la nébulosité (Poulin & Lefebvre, 2003).

Pour les sites à forte densité comme l'estuaire de la Seine, les dénombrements sur chacun des points d'écoute se sont faits sur une durée allant de 30 minutes à une heure le matin ou le soir (CNRS Chizé & Tour du Valat, 2003).

3.2.1.2. Méthode du double comptage concerté.

La zone de prospection étant très grande (1300 ha de roselières), quatre secteurs ont été définis de façon à standardiser les recherches sur l'espèce (Fig. 15). Ces secteurs sont séparés par des barrières physiques (routes ou pont) et délimitent des populations de mâles chanteurs bien différenciées. Les points d'écoute sont espacés de 500 mètres et apparaissent suffisants pour contacter les mâles chanteurs.

Sur le terrain, chaque observateur se positionne en fonction des points kilométriques (matérialisés sur la route), de repères sur le terrain (poteaux) ou à l'aide d'un G.P.S.⁶ (Garmin 12). Durant chaque matinée ou soirée, les observateurs (seuls ou en groupe) effectuent un point d'écoute de 30 minutes sur deux points différents ou d'une heure sur un seul point. Sur les quatre secteurs de recensement, deux comptages simultanés ont été organisés, soit un total de huit comptages doubles pour l'ensemble de l'estuaire (Bretagnolle & Demongin, 2005). Cette méthode permet de suivre l'ensemble de l'estuaire. En effet, en affectant des zones tampons de 500 mètres autour des points d'écoute, nous considérons que la zone des mâles est bien prospectée. Les chanteurs sont localisés le plus souvent à moins de 300 mètres.

Entre 10 à 12 points d'écoute par soirée sont réalisés, soit un minimum de 5 à 6 observateurs pour recenser un secteur (dans le cas de 2 points par observateurs). Cette technique de comptage est donc réalisable dans le laps de temps durant lequel le mâle chante (1 heure et demie).

Le temps est synchronisé entre chaque observateur à l'aide d'un chronomètre en début de comptage (h/min/s). Ce temps de référence est utilisé pour débiter aux mêmes horaires et contacter simultanément chaque mâle entre deux ou trois observateurs. A partir de 2007, les observateurs ont été équipés de talkies-walkies. Les fréquences émises par les appareils sont programmées en fonction du secteur de recensement et de la probabilité de contacter un même mâle par deux ou plusieurs observateurs.

⁶ Global positioning System

A chaque contact de mâle chanteur, différentes variables sont notées :

- l'heure à la seconde près (début de chant) ;
- l'angle d'écoute du chant pris à la boussole depuis la position de l'observateur, dont la précision peut varier en moyenne de 13,6 degrés (Lefebvre & Poulin, 2003). L'erreur maximum de localisation par la méthode des triangulations est inférieure à 20 mètres (White & Garrot, 1990) ;
- le nombre et le type de « boom » (0 : boom raté et 1 : boom réussi) ;
- des informations complémentaires en remarque (contacts simultanés, distance du chanteur, repères sur le terrain...).

Le lendemain soit 24 heures plus tard, le recensement est renouvelé (double comptage) sur le même secteur, à partir des mêmes points d'écoute et si possible par les mêmes observateurs. Afin d'homogénéiser la qualité des résultats, la totalité des doubles recensements est effectuée pendant une période très courte de moins de 10 jours.

Ensuite, deux types d'analyse sont réalisés à partir des données collectées sur le principe de la triangulation :

- une analyse sur S.I.G. (langage S.Q.L. (Select Query Language) par classe horaire de 30 secondes ;
- une analyse sur S.I.G. (langage S.Q.L. (Select Query Language) par type de chant (boom).

Cette analyse fournit un nuage de points, obtenus par intersection des angles ; chaque point correspondant soit à l'intersection de deux angles issus d'un contact horaire simultané (même plage horaire de 30 secondes pour deux angles), soit à un même type de chant (même identifiant de chant entre deux angles) (Fig. 16).

Afin d'obtenir le nombre de mâles chanteurs, les bilans par classe horaire et les bilans par type de boom sont synthétisés. Le point de localisation du chanteur se situe au niveau de la densité maximale de points (agglomérats de points issus d'analyse par classe horaire et/ou d'analyse par type de boom).

Ces points sont confrontés aux remarques des observateurs (oiseaux proches ou loin ; autres mâles). Nos suivis ont démontré que des chanteurs isolés et peu actifs peuvent ne pas chanter lors de tels recensements. Le suivi dit « quotidien » est donc utilisé pour compléter les recensements de la population.

3.2.1.3. Suivi quotidien.

Le site de l'estuaire de la Seine, de par son statut de réserve naturelle nationale, bénéficie de la présence permanente de personnels sur le terrain. Ils sont ainsi susceptibles de contacter des mâles chanteurs au gré des prospections et suivis en tous genres (la roselière se situe de part et d'autre de la route d'accès principale).

Cette méthode de suivi de population consiste à noter l'ensemble des chanteurs contactés au cours de visites de terrain. Chaque contact est

répertorié. Le point d'écoute est localisé sur carte : date, heure, nom de l'observateur et informations complémentaires (chanteurs simultanés, caractéristiques du chant) sont consignés sur fiche. Sur le plan figurent différents repères pour localiser chaque oiseau le plus précisément possible (mares, creux, route, point kilométrique). Une synthèse est programmée avec tous les observateurs pour regrouper les informations en fin de saison. A noter que les observateurs ne se concertent pas pour réaliser ces suivis. Un contact correspond à un mâle chanteur localisé à un instant « T » avec plus ou moins de séquences de chant. Pour chaque contact, nous attribuons le même identifiant pour un mâle entendu dans un rayon proche (< 300 mètres).

Les postes de chant sont fixés là où les contacts sont les plus importants (barycentre du nuage de points). Comme pour la méthode du double comptage concerté, nous avons attribué des indices pour chacun des mâles :

- mâles certains : contact durant 3 à 5 périodes successives de 15 jours et / ou présences de nids ;
- mâles probables : contact pendant 2 périodes de 15 jours ;
- mâles possibles : contact pendant 1 seule période.

Ce type d'analyse revient à estimer la fidélité d'un oiseau à un site. Les mâles ont ainsi été entendus plusieurs fois au même endroit sur un même site. Ce type de protocole a déjà été expérimenté en Camargue (Kayser et al., 1998). Les années 2005 et 2006 nous ont permis de tester et comparer ces deux méthodes et de confirmer leur complémentarité.

3.2.2. Suivi de la nidification (nids).

3.2.2.1. Recherche des nids.

La recherche des nids est le seul moyen qui nous permette de collecter des informations sur la biologie de reproduction du butor étoilé (puisque seules les femelles, très discrètes, assurent la totalité de la reproduction). Ces recherches de nids s'intègrent dans le cadre du volet recherche du programme LIFE coordonné par le CNRS de Chizé. Nous avons réalisé une recherche systématique des nids de butor étoilé en roselière et tout particulièrement en estuaire de Seine.

Plusieurs photographes et vidéastes ont découvert des nids dès les années 80 ; ils étaient ainsi particulièrement familiarisés avec la technique de recherche sans pour autant perturber le milieu et compromettre la nidification des oiseaux. Nous avons profité de cette expérience en recrutant un photographe, Philippe Sabine, pour contribuer à la recherche des nids. En 2002, Luca Puglisi (CNRS Chizé) est venu effectuer des suivis et participer aux recherches. La recherche des nids s'opère dans les roselières et sur des zones périphériques (prairies, jonchaies). Le plus souvent, la prospection est réalisée dans les zones connues par les prospecteurs (connaissances antérieures des habitudes des oiseaux et des lieux de nidification), lors de bonnes conditions météorologiques et le plus souvent en matinée. Les secteurs de présence des nids ont parfois été découverts à partir de l'envol de la femelle. La grande majorité des

découvertes est le résultat d'une seule personne mais des prospections à plusieurs personnes en ligne et à l'aide d'un GPS et d'une boussole nous ont permis également de découvrir des nids en zone coupée (ruban de chantier avec clochette tendue le long de 4 prospecteurs).

Les composantes de ces polygones ou «zone disponibles» sont actualisées chaque année avec les milieux disponibles sur la zone où se situent les nids trouvés (roselière coupée / roselière non coupée). Ce travail permet de comparer les zones potentiellement utilisables des zones réellement utilisées. Au sein de ce polygone nous avons fait des tirages aléatoires pour tester certains paramètres.

3.2.2.2. Etude expérimentale du rythme d'activité d'une femelle en saison de nourrissage.

Cette étude est rendue possible par l'intermédiaire d'un système vidéo dissimulé dans la végétation. Ce suivi expérimental avait pour but de déterminer précisément le temps d'absence au nid et la fréquence de nourrissage en estuaire de Seine durant un cycle de 24 heures. Il s'agit d'un dispositif vidéo miniaturisé, camouflé, avec un système infrarouge placé à proximité du nid et une retransmission simultanée par câble jusqu'à 200 mètres vers un camion. Le visionnage et l'enregistrement s'effectuent sur un lecteur enregistreur DVCAM depuis le véhicule où est branché le câble vidéo. Les prises de note se font en temps réel depuis le moniteur vidéo et quelques images sont enregistrées en format numérique.

Caractéristiques du matériel :

Caméra LCL-902K Watec

CCD ; format ½ N/B ; monture CS ; haute sensibilité : 0,00015 Lux ; F : 1,4 ; résolution horizontale : 570 lignes ; dimensions : 34/37/64,6mm ; poids : 85g ; alimentation 12 volts.

Objectif : grand angle 40mm

Moniteur : Lecteur enregistreur DVCAM Sony

LED Infrarouge IRI-2090

Champ vision : 90° ; étanchéité maximale ; vie < 5 ans ; dimension : 1,5/1,9/22 inch ; alimentation 12 volts.

Câble : vidéo prise RCA ; longueur 200m

Deux sites web nous ont permis de récolter des informations sur la météorologie et sur les éphémérides. Les données météorologiques proviennent du site Windguru (localité La Hève/Sainte-Adresse/Seine-Maritime). Web : <http://www.windguru.cz/int/index.php?lang=eng>. Les éphémérides du lever et du coucher du soleil au Havre (Seine-Maritime) sont obtenues grâce au site de l'institut de mécanique céleste et de calcul des éphémérides (Bureau des longitudes - Observatoire de Paris – CNRS). Web : <http://lychnis.imcce.fr/cgi-bin/levcou.cgi>

3.3. Observation de la migration active au printemps.

Le programme LIFE ne nous a pas permis d'établir de protocoles de dénombrement sur les populations autres que nicheuses. De nombreuses observations d'oiseaux migrateurs ont apporté de nouvelles données. Malgré l'absence de protocole clairement défini, les informations compilées sur le comportement migratoire permettent tout de même d'apporter une estimation minimale du nombre d'oiseaux en transit migratoire. Les observations concernent des oiseaux en migration active. Leur vol direct ou tournoyant à la tombée de la nuit s'accompagne de cris de contacts caractéristiques, se rapprochant des cris d'alarmes de butor dit « gull call ». Les oiseaux quittent ensuite le site, emmenant d'autres individus dans leur sillage.

A notre connaissance, le phénomène n'avait jamais été décrit en France. Les données reposent sur une observation statique et une écoute crépusculaire durant les printemps 2002 et 2003 sur deux sites participant au programme LIFE : estuaire de Seine et marais du Vigueirat. L'observation débute avant le coucher du soleil à proximité de grands massifs de roselière. Notons que les observations étaient aléatoires dans le temps et non concertées entre les deux sites.

Sur le site de l'estuaire de la Seine, les indications météorologiques (et les éphémérides) proviennent des sources citées précédemment. Pour les marais du Vigueirat, d'autres localités ont été prises en compte. Les données météorologiques proviennent du site Windguru, localité Port-camargue / Bouches du Rhône (site web : <http://www.windguru.cz/int/index.php?lang=eng>). Pour les éphémérides (heures du coucher du soleil) des marais du Vigueirat, le positionnement le plus proche donné au site internet de l'institut de mécanique céleste a été la ville d'Arles.

3.4. Typologie de l'habitat en période de reproduction.

3.4.1. Analyse de l'habitat à petite échelle.

3.4.1.1. Méthodes.

a. Traitement des données dans un Système d'Information Géographique (S.I.G.).

Un S.I.G. est un système informatique capable de gérer toutes données géoréférencées. A partir de différentes sources, il permet de rassembler, organiser, gérer, analyser, combiner, élaborer et présenter des informations localisées (en longitude et latitude), permettant notamment de les intégrer dans les réflexions liées à la gestion d'un espace.

Les S.I.G. présentent un potentiel et un intérêt indiscutable dans tous les domaines d'intervention liés à l'espace, de l'aménagement jusqu'à la gestion. Leurs domaines d'application sont donc vastes. Dans l'aménagement de l'espace ou l'environnement, citons notamment l'agriculture (gestion du parcellaire), la géologie (prospection minière) et la biologie (étude du déplacement des populations animales). Le S.I.G. nous permet par exemple, de comparer les changements de distribution d'une population avec les changements de structure d'habitat.

Nous avons travaillé sur les logiciels Arcview[®] 3.2 et MapInfo Professional[®] 6.5, l'information géographique est organisée en couches thématiques à l'intérieur desquelles se trouvent les données géométriques, objets de type surfacique, linéaire ou ponctuel, ainsi que les données attributaires qui leur sont associées.

Chaque couche d'information est affichée en projection Lambert II Etendu, associée au système géodésique NTF (Nouvelle Triangulation de la France).

b. Les photographies aériennes.

Nous possédons des photos aériennes numériques du site (Campagnes 2001, 2002, 2004 et 2005). Les photographies se font depuis un hélicoptère entre la mi-mars et la mi-avril à l'altitude de 1500 mètres. Celles-ci sont à l'échelle 1/5000^{ème}. Les photos numérisées sont ensuite géoréférencées à partir d'une numérisation directe en prenant comme référence l'orthophotographie de 2000. Ce calage des photos aériennes s'effectue sous MapInfo[®] 6.5. Ensuite, nous effectuons une vectorisation des unités écologiques de l'estuaire de seine, tout particulièrement des zones de coupe et de non coupe en roselière (la coupe comprend les coupes des exploitants de roseaux et les coupes des chasseurs autour des mares).

Par ailleurs, l'orthophotographie de 2000 sert de base pour définir le réseau hydraulique de l'estuaire, le positionnement des ligneux et les friches industrielles. Le niveau de précision de la vectorisation, calculé en pointant au G.P.S. trois îlots de roselière sur le terrain, est de l'ordre de 5 mètres (Fig. 17). Nous obtenons une représentation de la coupe hivernale annuelle de roseaux sous forme de polygone, ce qui nous permet d'évaluer les superficies annuelles en roselière coupée ou non coupée ainsi que leur distribution.

Vu la qualité de la photographie aérienne de 2003, il n'y a pas eu de vectorisation des zones de coupe et des zones de non coupe.

c. Projection des postes de chant, des nids et des points aléatoires.

Les postes de chant et les emplacements de nid sont reportés sur l'année correspondante de la digitalisation de la photo aérienne (coordonnées XY en degrés décimaux). L'ensemble de ce travail s'est déroulé sur les logiciels S.I.G. MapInfo Professional[®] 6.5 et arcview[®] 3.2.

d. Etude de l'âge des roselières disponibles pour les femelles.

Afin d'étudier si les femelles pratiquaient une sélection par rapport à l'âge des roselières, il nous a fallu cartographier les roselières en fonction de la fréquence et de la date de la dernière coupe. Voici la méthodologie que nous avons adoptée pour étudier la fréquence de coupe :

1- Nous avons d'abord réalisé un carroyage (10 m de côté) sur l'ensemble de la zone disponible pour les femelles (généralisé par Arcview[®] 3.2. avec un identifiant unique et commun entre années).

- 2- Pour chaque année, nous faisons ensuite une requête sur les roselières (coupe et îlot non coupé).
- 3- Application de la grille de maille de 100 m².
- 4- Sur le nouveau fichier obtenu (.shp), nous remplaçons les champs d'îlot (non coupe) par 0 et de coupe par 1.
- 5- Nous faisons pour chaque année une intersection entre chaque grille (par secteur) et la zone utile comprenant les roselières.
- 6- Nous obtenons pour chaque polygone de 10 x 10m une valeur 0 ou 1. Préalablement, nous avons retiré toutes les valeurs avec des données mixtes et nous avons conservé les seules données de carrés pleins avec une donnée 0 ou 1, c'est à dire les carrés de 100 m² (tri par surface). Ce tri est réalisé sous Excel, puis les valeurs transférées sous S.I.G. (table.dbf).
- 7- Enfin, nous effectuons une jointure spatiale des différents fichiers sur S.I.G. Arcview© 3.2 (géotraitement) des 4 années. Pour chaque polygone on obtient 4 chiffres, ce qui nous permet de connaître la fréquence de la coupe (Fig. 18).

L'âge des roselières sur les emplacements des nids a été déterminé en projetant chaque nid géoréférencé rétrospectivement sur les trois années précédentes. Pour l'année 2003, même en l'absence de vectorisation, nous avons calé les photographies aériennes et à partir des contrastes (zone de coupe *versus* non coupe), nous avons pu déterminer si les nids étaient en zone de coupe ou non. Nous obtenons enfin une valeur 0 (non coupe) ou une valeur de 1 (coupe) pour chacun des nids et par année.

3.4.1.2. Analyse spatiale et géotraitement.

Pour modéliser les entités géographiques, nous avons travaillé en mode vectoriel où chaque point, ligne ou polygone représente un objet géographique avec les deux types d'information (information géographique et attributive). L'objectif de l'analyse spatiale peut être de décrire une disposition particulière de certains objets, leur organisation spatiale et aussi de repérer des structures ou expliquer une localisation (Pumain & Saint-Julien, 1997). Dans le S.I.G., il existe de nombreux outils facilitant l'analyse spatiale. Nous avons utilisé les zones tampons (*buffers*) qui permettent de créer des cercles autour des entités géographiques (postes de chant, nids). Nous avons effectué des requêtes spatiales qui font appel au langage SQL (Select Query Language) pour interroger les tables et effectuer des requêtes (sélection d'entités géographiques au sein d'une table : zone de fauche, sélection des entités hydrauliques...).

Nous effectuons un géotraitement réalisé à partir de zones tampons, de requêtes spatiales et de tables attributives. Sur ArcView© 3.2, l'assistant de géotraitement permet de combiner des thèmes de différentes façons en fonction de la « géographie » des entités incluses dans ces thèmes. Il permet de faire plusieurs types d'opération dont l'union de plusieurs thèmes, l'intersection de deux thèmes, la découpe d'un thème en fonction d'un autre. Nous avons particulièrement sollicité cette commande pour l'analyse de l'habitat à petite échelle. En effet, nous avons analysé l'habitat autour des points « chant » et des points « nid » dans un rayon de 10 (site poste de chant), 50, 100, 200 et 300 mètres, et ce sur chacune des années de digitalisation de photo aérienne. Ces entités géographiques

(*buffer*) ont aussi été intersectées sur le thème général pour travailler en particulier sur les problématiques hydrauliques et les autres milieux fréquentés.

Les données sont ensuite analysées à partir de l'exportation sur un tableur Excel. Nous présentons les résultats en effectuant des moyennes par distance (les écarts-types ne sont pas représentés pour cette raison).

3.4.2. Analyse de l'habitat à grande échelle.

34.2.1. Matériel d'étude.

Nous avons étudié l'habitat des femelles au sein même de la roselière, en effectuant des mesures de structure et de densité sur des emplacements de nid après la saison de reproduction (de fin juin à fin juillet). Par ailleurs, un nombre variable de points au hasard (points témoins) a été déterminé afin de comparer les roselières occupées à celles disponibles. Ces points aléatoires sont situés sur les zones fréquentées par les butors. Dans cette étude, les nids étudiés proviennent des sites du programme LIFE. Les sites ayant fourni des données sont l'estuaire de la Seine et la Brenne ainsi que les sites du sud de la France :

- la Matte : étang voisin de la roselière de Vendres ;
- les Marais du Vigueirat (est de la Camargue) ;
- la Tour du Valat (Grande Camargue) ;
- le Charnier Scamandre (Camargue gardoise) ;

Les données ont été recueillies par les différents opérateurs du programme LIFE à partir d'un même protocole issu de la coordination scientifique du programme LIFE (CNRS Chizé & Tour du Valat, 2003). Les relevés s'effectuent le long de deux diagonales perpendiculaires débutant à l'emplacement du nid (Fig. 19). La première diagonale est déterminée de façon aléatoire avec une boussole. Les distances de relevés sont équivalentes sur chacune des diagonales et se répartissent comme suit : relevés au nid puis à 5m, 10m, 15m, 20m, 30m et 40m. Ainsi, nous pouvons évaluer le degré de sélection de l'habitat et notamment les variables en fonction de l'éloignement au nid. Pour les sites témoins, le protocole a été identique. Les analyses sont effectuées en cumulant l'ensemble des données obtenues sur les différents points. Les mesures s'effectuent sur des quadrats de $\frac{1}{4}$ de mètre carré (50/50 cm).

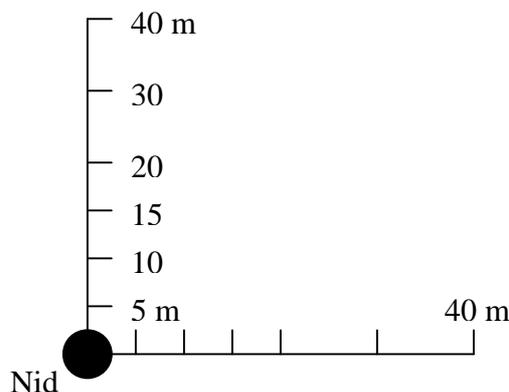


Figure 19. Relevés de végétation au nid

Au sein de ces quadrats et à différentes distances du nid, nous obtenons plusieurs valeurs : dénombrement des tiges sèches et des tiges vertes (comptage exhaustif), diamètres des roseaux (mesures des diamètres de la base des tiges vertes au quatre coins du quadrat et au pied à coulisse au 1/100^{ème}) et hauteur du roseau vert (mesure des tiges vertes au quatre coins du quadrat avec une mire de 4 m précise au cm). La densité totale correspond à l'addition des tiges vertes et des tiges sèches. Nous conservons les deux diagonales de mesure donc deux chiffres par nid et pour chaque distance.

A partir des données obtenues sur le terrain, nous avons évalué les éclaircies en roselière, qui correspondent à des zones de faibles densités de roseaux. Ces éclaircies ont été étudiées afin de savoir si les femelles recherchent ou non des zones de faibles densités à proximité du nid ou si au contraire elles les évitent. La valeur des éclaircies de 15 tiges a été déterminée après avoir fait le calcul sur les éclaircies de 0-30 tiges et 0-50 tiges. Nous avons considéré que les valeurs inférieures à 15 tiges reflètent bien l'idée de ce que nous nous faisons des éclaircies sur le terrain (zones inférieures à 60 tiges par m²).

Dans les graphiques, nous avons retiré les valeurs à la distance 0 (valeurs au nid) car le nombre d'observation est faible en proportion des autres distances et nous soupçonnons un biais méthodologique notamment sur les points témoins (la personne prenant les mesures évite une éclaircie si elle se trouve être sur le point de mesure malgré les coordonnées du point G.P.S.).

3.4.2.2. Analyse des résultats.

Les données sont saisies sur un tableur Excel et traitées sur le logiciel SIGMAPLOT© 2001. Les tests se font sur le logiciel Statistica© version 6. Pour résumer, nos relevés nous serviront à comparer les résultats entre les sites du sud de la France (Charnier-Scamandre, Tour du Valat, Vigueirat et la Matte) et l'estuaire de la Seine. Les résultats issus du site de la Brenne (relevés sur 2 nids) sont insuffisants pour être inclus dans notre analyse.

Après cette analyse entre le nord et le sud, nous avons comparé l'effet de la coupe sur les paramètres de végétation. Ensuite, nous avons effectué des analyses de variance entre les valeurs aux nids et les valeurs témoins (points aléatoires). En raison du faible nombre de données au nid (absence de relevés les premières années), nous avons intégré les valeurs à 5 mètres pour l'analyse au nid comparativement aux valeurs témoins. Enfin, nous avons analysé nos résultats à grande échelle et dans le rayon proche du nid.

3.5. Topographie du marais et hydraulique.

3.5.1. Plans et relevés topographiques.

A partir de plan topographique du port autonome du Havre (photogrammétrie 1988), nous avons pu digitaliser les cotes du secteur du marais qui nous intéresse en premier lieu pour l'étude du butor, à partir d'une table à digitaliser : Digitalisateur GTCO super LIII © 2002

COGISTEM (Fig. 20). Le niveau de précision de ces cotes est de 10-15 centimètres pour la hauteur Z. La zone qui a été retenue pour les analyses est celle comprenant la zone disponible pour les femelles. L'ensemble des points topographiques compris dans cette zone représente la distribution topographique des cotes du marais et nous renseigne sur la topographie « disponible » pour les butors étoilés. Cependant, nous n'avons retenu que les cotes strictement inférieures à 7,90 m C.M.H.⁷, cote correspondant au pied de la digue route. Ces cotes C.M.H. sont situées à 4,38 m au dessous du zéro NGF 69. A noter que le 0 NGF 69 est basé sur le marégraphe de Marseille. Les cotes supérieures à 7,90 m C.M.H. représentent des endiguements ou des levées de terre telles que les buttes de gabion de chasse ou les remblais de fossés.

Ces points, espacés de 50 mètres, sont référencés par rapport aux C.M.H.. Une campagne topographique sur certains emplacements de nids a été lancée le 28 mars 2006 grâce à l'aide du port autonome du Havre. Le G.P.S. utilisé pour cette campagne est un G.P.S. topographique Dassault Sercel NP avec une précision centimétrique en hauteur Z. Ce G.P.S. fonctionne à partir d'une balise radio, située en aval de l'estuaire (cap de la Hève) ou en amont (pont de Tancarville). Les emplacements de nids géoréférencés au moment de leur découverte ont pu être retrouvés au mètre près grâce à ce G.P.S. Dassault (coordonnées en Lambert I Nord) et au GPS Garmin 12+ (coordonnées en degrés décimaux). Cette campagne de mesure nous permet de comparer la topographie disponible avec celle réellement utilisée par les femelles pour leur installation de nid.

3.5.2. Relevés hydrauliques en période de nidification.

Suite à la création de la réserve naturelle nationale, des règles limnigraphiques ont été posées en 1999 et 2000 afin de contrôler les hauteurs d'eau au niveau des vannes (Maison de l'estuaire, 2000). Les hauteurs sont exprimées en mètre C.M.H.. Les relevés sont effectués en moyenne toutes les semaines ou deux fois par mois. Ils nous donnent une idée des variations des niveaux d'eau au cours de la saison de nidification. Nous notons la hauteur d'eau au pied du nid lors de leur découverte et en règle générale à chaque visite. L'ensemble des données a été compilé par le CNRS de Chizé et a fait l'objet d'une synthèse (Bretagnolle & Demongin, 2005).

3.6 Estimation des territoires de chant, domaines vitaux et dispersion.

3.6.1. Matériel d'étude.

Plusieurs méthodes existent pour évaluer l'utilisation de l'habitat par un animal : les observations visuelles, les observations indirectes (indice de présence tel que le chant) et la télémétrie. Le chant et le radio-pistage ont été utilisés dans le cadre de cette étude pour plusieurs raisons.

Le suivi par radio-pistage se réalise à distance, évitant ainsi le dérangement de l'animal. Même en nocturne, une distinction individuelle

⁷ Cartes marines du Havre

est réalisable. Par ailleurs, cette technique est adéquate dans un milieu tel que la roselière et avec un oiseau vivant la plupart du temps caché (les observations directes sont rares). Le suivi par le chant repose sur une écoute hebdomadaire (tous les 4-6 jours) pendant les heures correspondant à l'intensité maximale du chant (CNRS Chizé & Tour du Valat, 2003). En parallèle à ces suivis, les oiseaux ont été enregistrés dans le cadre du programme de recherche du programme LIFE. Chaque mâle territorial a été suivi au cours de la saison de nidification.

Les oiseaux adultes ont été capturés puis équipés d'émetteur radio à partir de cages-pièges équipées d'un miroir et spécialement conçues pour la capture de l'espèce (Huschle et al., 2002). Chaque piège a été placé pendant deux semaines sur trois sites différents. L'emplacement du piège a été déterminé en fonction des observations directes des oiseaux et des zones de passage en roselière, sur des secteurs fauchés et sur des éclaircies. Deux essais sur trois se sont avérés concluants et ont permis de suivre les oiseaux de la fin de la période de nidification jusqu'à leur départ du site en été. Les jeunes oiseaux ont été capturés au nid avant leur émancipation et pour certains, équipés d'émetteur. Les manipulations se faisaient la majorité du temps en l'absence de la femelle (période d'alimentation).

Un mâle adulte de 2003 a été capturé par un agent de l'ONCFS « à la main » lors de relevés dans un marais et en dehors du site d'étude au sud de la Seine (commune du Marais Vernier/Eure). Celui-ci a également été équipé d'un émetteur. Les oiseaux ont été bagués avec des bagues en acier (Muséum National d'Histoire Naturelle de Paris / CRBPO) et ont fait l'objet de mesures biométriques et de prises de sang (sexage). Ces manipulations se sont faites dans le cadre du programme de recherche en présence de personnes possédant l'autorisation de capture délivrée par le Centre de Recherche sur la Biologie des Populations d'oiseaux.

3.6.2. Méthodes de suivi par radio-pistage.

Le principe du radio-pistage consiste à équiper l'animal d'un émetteur VHF sur une fréquence déterminée par un signal pulsé qui se propage dans le milieu sous la forme d'ondes électromagnétiques. Sur chaque oiseau, les émetteurs radio VHF (Biotrack Ltd., Wareham, UK) de 7 grammes (< 2 % du poids de l'oiseau) ont été posés au tarse avec une languette de cuir (perte de l'émetteur par décomposition du cuir). La durée d'une pile n'excède pas un an. La portée des émetteurs est d'environ deux kilomètres. Le suivi des individus a été réalisé par un émetteur récepteur de type YAESU HF/VHF/UHF FT-817, connecté à une antenne. Les suivis ont été réalisés de façon quotidienne pour deux oiseaux équipés en 2004 et de façon aléatoire pour l'étude de la dispersion des jeunes. Plusieurs méthodes de localisation ont été utilisées pour suivre les animaux :

- méthode directe :

Cette méthode consiste à approcher l'animal équipé d'un émetteur en se guidant avec l'intensité du signal. Une fois que l'animal est repéré, sa position est déterminée par l'intermédiaire d'un G.P.S. Garmin 12. Cette

méthode est coûteuse en temps et n'a lieu qu'exceptionnellement lorsque l'oiseau est sur un terrain dégagé (prairie).

- méthode de la triangulation :

Cette méthode est indirecte et permet d'estimer la position de l'animal. Deux directions sont déterminées à l'aide d'une antenne réceptrice dont la position est connue (coordonnées géographiques XY obtenues à l'aide d'un GPS). Le report des deux directions permet d'estimer la position de l'animal (Lefebvre & Poulin, 2003). Chaque direction est déterminée à partir d'une bissectrice de l'angle correspondant à la réception du signal sur un point fixe. Cette direction correspond à l'azimut, c'est à dire, à l'angle de l'antenne par rapport au nord. Les roselières le plus souvent encaissées et les suivis depuis des points hauts évitent les imprécisions liées à la fois à l'antenne et à la lecture de la boussole. En effet, la hauteur de l'antenne permet d'éliminer un certain nombre d'obstacles se situant entre l'émetteur et le récepteur (végétation).

3.6.3. Traitement des données issues du radio-pistage et du suivi par le chant.

Le domaine vital d'un animal est défini comme *la surface occupée par un individu durant ses activités normales de gagnage, d'accouplement et de soins aux jeunes* (Burt, 1943). Un noyau est une partie du domaine vital où l'animal concentre son activité. Les estimateurs utilisés sont d'une part le Polygone Convexe Minimum (MCP), et d'autre part, l'estimateur fixe de Kernel. La méthode du Polygone Convexe Minimal est la plus fréquemment utilisée car elle est la plus simple et la plus ancienne (Mohr, 1947). Elle n'est pas statistique, le principe est de relier les points les plus externes afin de construire un polygone convexe le plus petit possible englobant toutes les localisations. L'aire du polygone est une estimation du domaine vital. Le principal problème de cette méthode est qu'une localisation extrême peut augmenter de façon considérable la surface du domaine vital estimé. De plus, l'hypothèse de convexité du domaine vital n'est pas toujours respectée, et d'importantes zones non utilisées par l'animal peuvent être incluses dans le domaine vital.

La méthode des Kernels (Worton, 1989) est un outil statistique plus sophistiqué couramment utilisé pour estimer les probabilités de densité. Il est non paramétrique et produit une fonction de densité de probabilité bivariée lissée, appelée « distribution d'utilisation ». Il donne la probabilité de trouver un animal à un endroit précis, pour une période de temps donnée. Il existe donc une notion d'utilisation préférentielle de l'espace. Il existe deux types de Kernels : fixes et adaptatifs. Pour les premiers, que nous avons utilisés dans notre étude, la valeur du paramètre de lissage est identique sur toute la surface considérée, quelque soit la densité des points de localisation. Pour les seconds, cette valeur varie localement : les zones de faible densité reçoivent une valeur de h plus élevée, et sont donc plus lissées.

Pour traiter les données sur les domaines vitaux, nous avons utilisé des Kernels fixes de 90%. Le pourcentage attribué correspond à la probabilité de trouver l'animal dans la zone couvrant tous les points de

localisation (zone dans laquelle l'animal passe 90 % de son temps). Le paramètre de lissage contrôle la quantité de variation dans chaque composant de l'estimation : une valeur réduite de h permet d'observer le détail fin des données, tandis qu'une valeur élevée ne laisse apercevoir que les caractéristiques proéminentes. Ce paramètre influence grandement la forme et la surface du domaine vital estimé. Le choix du paramètre de lissage est plus important que celui de la méthode de Kernel (Silverman, 1986; Worton, 1989). Malgré les fortes variations que peut entraîner le choix du paramètre de lissage, la méthode des Kernels semble la plus appropriée pour comparer les domaines vitaux entre eux (Kenward, 2001; Boulenger & White, 1990; Worton, 1995).

La méthode *ad hoc* consiste à utiliser la valeur optimum de h obtenue pour une distribution standard, telle que la distribution normale. Nous avons utilisé cette valeur de h et effectué une moyenne de l'ensemble de ces valeurs pour les suivis de mâles. Cela nous a permis d'attribuer une valeur fixe pour tous les domaines vitaux et territoires de chant, quelque soit l'année ou le mois, ce qui facilite les comparaisons de taille et de composition des domaines vitaux.

3.6.4. Traitement des données dans un S.I.G..

Les valeurs ont été projetées sur un logiciel S.I.G. grâce aux coordonnées géographiques des points d'écoute ou de réception du signal. Les points de localisation ont ensuite été déterminés par les données de triangulation sur le logiciel MapInfo® 6.5 avec l'aide du programme MapBasic « cogoline ». Les valeurs ont ensuite été traduites sur l'outil « traducteur universel » pour pouvoir être lues sur Arcview® 3.2. La détermination de l'étendue du domaine vital des mâles a été effectuée par le logiciel Arcview® 3.2, notamment avec les extensions du logiciel « animal movement » et « Home range analyse ».

Chapitre 4. Evolution des effectifs de butor étoilé dans l'estuaire de la Seine.

4.1. Origine et évolution de la population des mâles chanteurs.

4.1.1. Historique de l'espèce en Normandie et en estuaire de Seine.

En Normandie, le butor étoilé était qualifié de « peu commun » à la fin du XIXe siècle (Gadeau de Kerville, 1890-1897). Quelques décennies plus tard, l'espèce est dite « plus commune qu'on ne le croit. Se reproduit en plusieurs points de Haute-Normandie » (Olivier, 1938). Quelques indices sont signalés ensuite en 1970 dans la vallée de la Bresle, l'estuaire de la Seine, la vallée de la Seine et dans le Cotentin (Morel, 2001; Bernier, 1985). A partir de 1992, l'espèce apparaît dans les marais du Cotentin et entre 1 et 5 chanteurs sont contactés de façon régulière (Chartier & Debout, 2001; Purenne, 2004).

Afin de réaliser une rétrospective de la population, nous avons eu accès aux bases de données du Groupe Ornithologique Normand et de la Maison de l'estuaire. Nous avons également recueilli les témoignages de photographes et naturalistes bénévoles de la région havraise. La figure n°21 nous montre que le nombre de données aléatoires (c'est-à-dire sans les comptages concertés) augmente de façon significative avec la création de la réserve naturelle en 1999.

Durant la période de 1976 à 2005, nous cumulons 916 données pour le seul site de l'estuaire de la Seine et pour la période de mars à juin. En estuaire de Seine, les premiers contacts de butors ont lieu à partir du milieu des années 70, avec une progression à partir du milieu des années 80 (3-4 chanteurs). La progression n'est pas continue, car une baisse survient à partir de la fin des années 80. Depuis 1997, le suivi est considéré comme exhaustif et un suivi standardisé est assuré réellement depuis l'année 2001 (date de début du programme Life Nature).

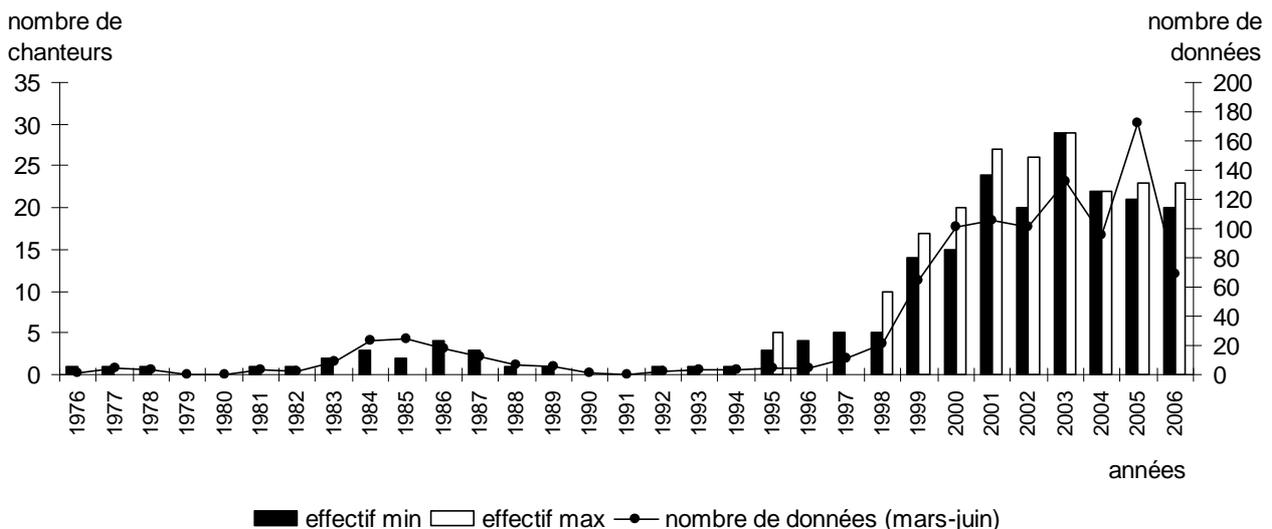


Figure 21. Evolution des effectifs de mâles chanteurs en estuaire de Seine et nombre de « données de butor » entre les mois de mars et juin

Pendant la phase de croissance de la population, une modification majeure en 1996 et 1997 intervient : la création de diguettes et d'ouvrages hydrauliques permettant d'inonder une partie de la roselière (voir Fig. 9).

4.1.2. Répartition de la population en estuaire de Seine.

A l'origine, la population de butors est cantonnée au nord de la route de l'estuaire, secteur où la roselière était particulièrement importante (voir Fig. 11 et Fig. 22). C'est sur ce premier secteur que sont trouvés les premiers nids (1985). Les ornithologues s'intéressent alors de près à cette espèce rarissime dont la présence est unique pour toute la région normande.

Ce premier foyer s'étend ensuite au nord de la route entre le point kilométrique 21 et le point kilométrique 18 et constitue ainsi le noyau dur de la population de l'époque. Par la suite, un essaimage est noté à partir de la fin des années 90 sur la partie Est de la roselière (estacade du Hode), époque à partir de laquelle ils occupent également la partie sud de la route de l'estuaire (zones des diguettes) (voir Fig. 9).

Forte d'une dynamique importante, cette population colonise de nouveaux trous d'eau occupés par les roseaux et issus de pratiques industrielles (chambre de dépôts de dragage, extraction de sable et granulats). Ainsi la population « s'exporte » sur toute la partie Ouest de la zone estuarienne jusque sur Le Havre (CIM, chambre 5). Depuis l'année 2000, la population s'est stabilisée, peut-être parce qu'elle a atteint sa capacité limite en terme de nidification.

4.1.3. Evolution récente des effectifs (2000-2005).

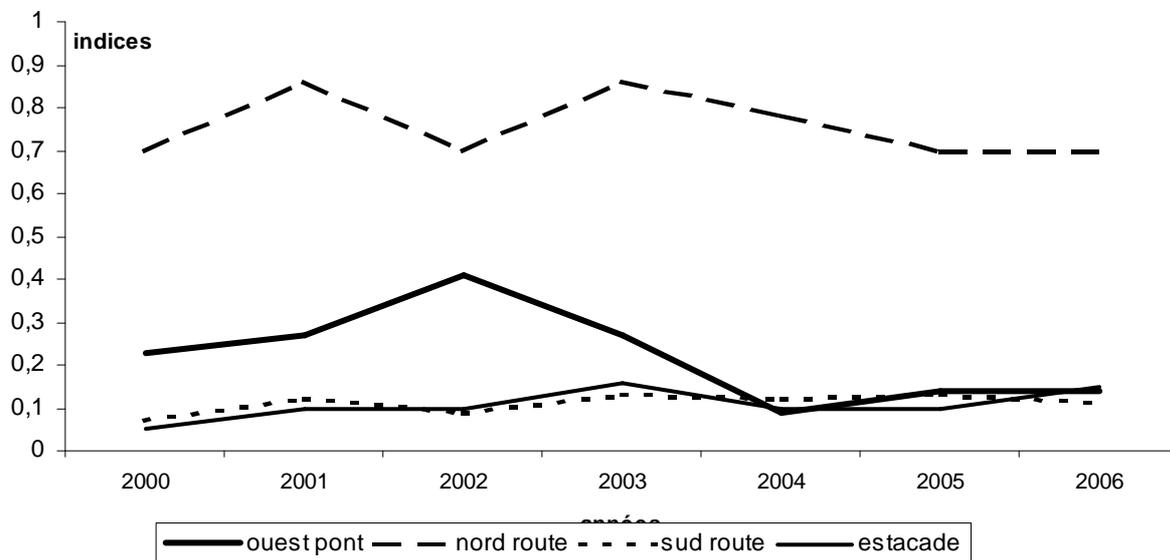


Figure 23. Evolution de la densité de population selon les secteurs (indice de mâle chanteur pour 10 ha)

Comme nous pouvons le voir sur la figure n°23, le secteur « ouest pont » (voir Fig. 22) a vu sa population régresser, alors que les autres secteurs connaissent une population relativement stable. D'après ces résultats, la population se concentrerait à nouveau vers le centre de

l'estuaire. La diminution d'effectifs à partir de 2004 provient certainement de la désertion des secteurs situés à l'Ouest du pont de Normandie. Il faut noter que ces secteurs sont pour la plupart en dehors de la réserve naturelle et à vocation industrielle. D'importantes surfaces de roselières y ont été détruites entre 2002 et 2004 (au minimum 30 hectares : CIM).

En 2005, 1008 angles sont notés par l'ensemble des observateurs durant les 8 dénombrements (doubles comptages concertés). Une nette disparité existe entre le nombre de données acquises le soir et le matin, mais les sites «ouest pont de Normandie» et «estacade» sont les secteurs où les butors sont les moins abondants (voir Fig. 22). La partie centrale de l'estuaire (représentée par le nord et le sud de la route de l'estuaire) comptabilise 816 angles sur 1008 pour un effort de suivi constant sur l'ensemble de l'estuaire (11 points d'écoute en moyenne), soit 81 % des données en 2005. Ces oiseaux ne se sont pas reportés sur d'autres parties de l'estuaire, suggérant que la zone centrale a atteint la limite de sa capacité d'accueil. On assiste donc à un double phénomène : une réduction rapide des roselières susceptibles d'héberger des butors étoilés et une stabilité sur les dernières roselières humides restantes, sans possibilité de report. Depuis 2000, la population oscille entre 15 mâles chanteurs minimum et 29 chanteurs maximum (Fig. 24).

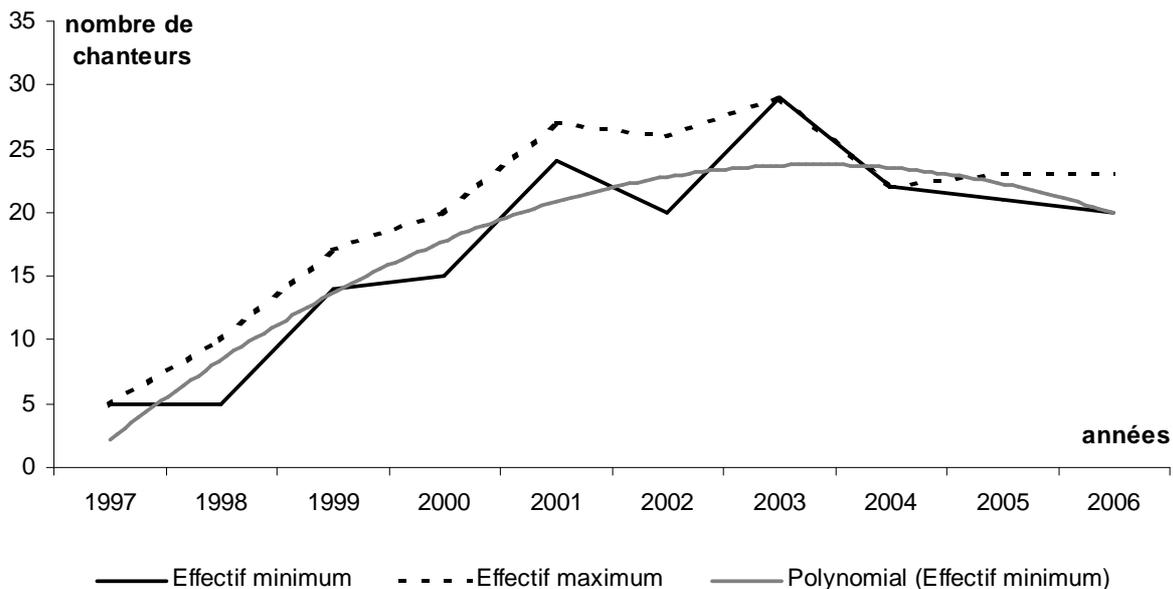


Figure 24. Evolution récente des effectifs de mâles chanteurs en estuaire de Seine

4.2. Recherche des nids.

De 2001 à 2005, sous l'impulsion du programme LIFE et afin de pallier les manques de connaissance sur l'espèce, des équipes ont recherché des nids de butor en France (Tab. I). Un total de 93 nids a été trouvé jusqu'en 2005 dont 37 pour le seul site de l'estuaire de la Seine (40%). Au début du programme, les seuls nids trouvés en France se trouvaient en estuaire de Seine. En 2003 et 2004, un effort considérable a été produit sur l'ensemble des sites du programme, puisque 37 et 35 nouveaux nids ont été

découverts (Bretagnolle & Demongin, 2005). L'estuaire de la Seine est le seul site ayant fait l'objet d'une recherche active de nids en 2005.

Tableau I. Nombre de nids trouvés par année et par site

	2001	2002	2003	2004	2005	total
Estuaire de la Seine	3	9	12	4	9	37
Charnier-Scamandre			19	13		32
Vigueirat				9		9
La Matte			2	5		7
Tour du Valat			3	2		5
Brenne			1	2		3

En estuaire de Seine, la recherche a le plus souvent été effectuée par Philippe Sabine, photographe et vidéaste animalier recruté dans le cadre du programme Life Nature. Sa grande connaissance du marais et de l'espèce (photographie de nids depuis les années 80) nous ont permis de prospecter de nombreux sites de nidification. Sa recherche sur le site au cœur des roselières était accompagnée de longues heures d'observation en périphérie des roselières comme en Italie (Adamo et al., 2004).

Nous ne pouvons pas exclure la présence d'un nid non découvert dans une zone par ailleurs prospectée. Cependant, les envols entre les zones d'alimentation et les nids ainsi que les observations sur les zones propices à l'alimentation permettent de confirmer *a posteriori* la présence ou non de nids. Sur les autres sites, des équipes de professionnels et de bénévoles se chargeaient de la recherche de nids dans le cadre spécifique du programme Life Nature, coordonné par le CNRS de Chizé.



Figure 25. Nid de butor étoilé avec Pulli et oeufs

(Photo Pascal Provost)

Chapitre 5. Sélection de l'habitat.

Dans ce chapitre, nous allons comparer l'habitat disponible et l'habitat utilisé par les mâles et les femelles. Cette analyse est basée :

- pour les mâles, sur les postes de chant (n=158, 2000-2005) ;
- pour les femelles, sur la position des nids (n=37, 2001-2005).

Ce chapitre a fait l'objet d'une communication au Colloque Francophone d'Ornithologie et d'un article consultable en fin de mémoire.

5.1. Les milieux disponibles sur les zones d'étude des mâles et femelles.

5.1.1. Les grands types de milieux.

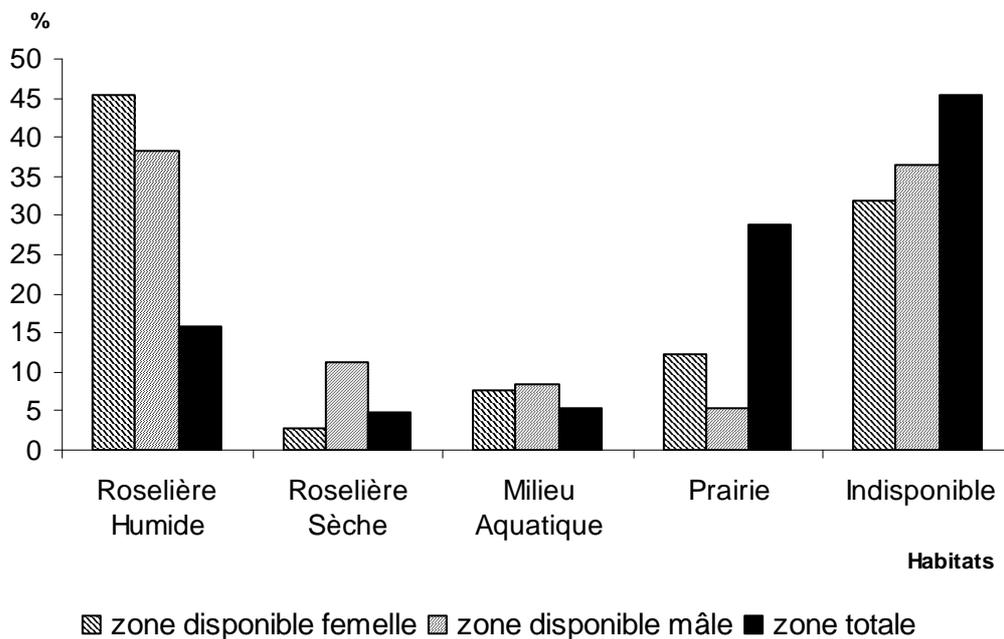


Figure 26. Proportion de chaque milieu disponible entre les zones disponibles pour les mâles, les femelles et la totalité de l'estuaire (voir Fig. 14)

Nous avons une différence significative entre ces trois distributions (Test global M/F et total : $\chi^2=1128.7$; DDL=8 ; $P<0.0001$). Les zones disponibles, déterminées en fonction des localisations de mâles et de la recherche de nids pour les femelles, se situent dans des milieux particuliers dominés par la roselière humide. Nous avons par ailleurs une différence significative entre les zones des mâles et celles des femelles (Test M/F : $\chi^2=80.5$; DDL=4 ; $P<0.0001$). Ceci nous montre que les mâles et les femelles n'occupent pas tout à fait les mêmes milieux. Cette différence est à relativiser compte-tenu de la zone de recherche réduite et biaisée pour les femelles (cf. infra).

5.1.2. Evolution de la coupe de roseaux au sein de la zone d'étude.

Comme le montre la figure n°27, la coupe de roseaux évolue assez peu entre les quatre années. La surface de coupe sur la zone fréquentée par les mâles oscille entre 38 et 45 % et entre 49 et 53 % pour la zone des femelles. Les zones d'études ne subissent donc pas de grande modification annuelle liée à la pratique de la coupe.

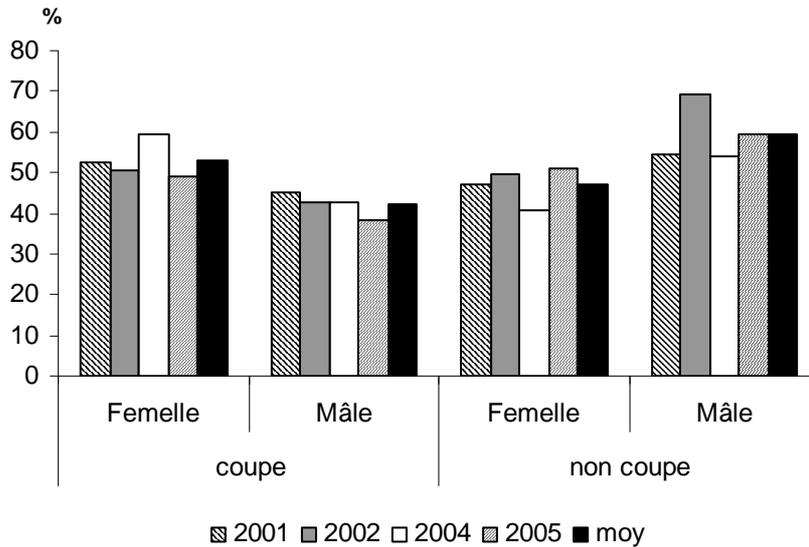


Figure 27. Proportion, en pourcentage, de la coupe et de la non coupe selon les années et sur les zones disponibles pour les mâles et femelles

5.1.3. Caractéristiques de la zone de recherche des nids.

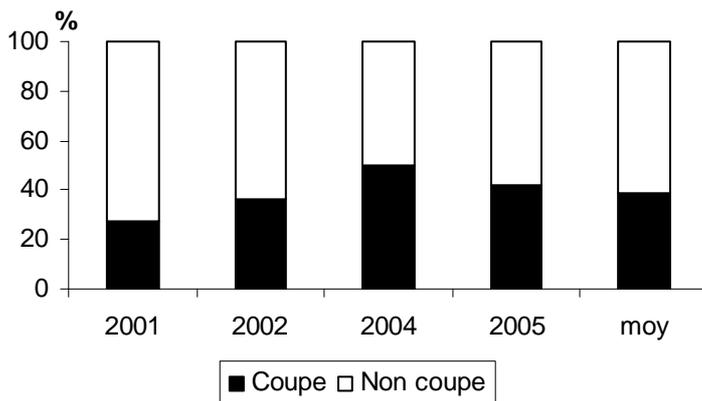


Figure 28. Caractéristiques de la roselière prospectée par les observateurs pour la recherche de nids

Comme nous pouvons le voir sur la figure 28, la prospection est variable selon les années par rapport à la proportion en coupe (test significatif $\chi^2=11.7$; DDL=3 ; P=0.0085).

En revanche, la prospection des nids s'est faite en totalité en roselière humide (excepté en 2003 avec 1 % de prospection en roselière sèche). Sur

les quatre années, nous obtenons une moyenne de 60 % de roselière non coupée au sein de la roselière humide (zone disponible pour les femelles), ce qui est proche de l'effort de prospection (61% de recherche en zone non coupée). La figure 29 illustre une partie de la zone de prospection des nids. Selon les années, les surfaces de zones de coupe ont été plus ou moins prospectées (27 à 50%). En 2003, l'absence de données ne nous permet pas de connaître la part des surfaces prospectées.

5.2. Les principaux habitats utilisés par le butor étoilé.

5.2.1. Chez les mâles.

Les résultats sont exprimés à l'emplacement du poste de chant (y compris la zone tampon de 10 m) et dans un rayon de 50, 100, 200 et 300 m avec un comparatif avec la zone disponible (Fig. 30). Parmi les 158 postes de chant concernés par l'analyse, 16 se positionnent sur les prairies et au sein de milieux aquatiques (10 %).

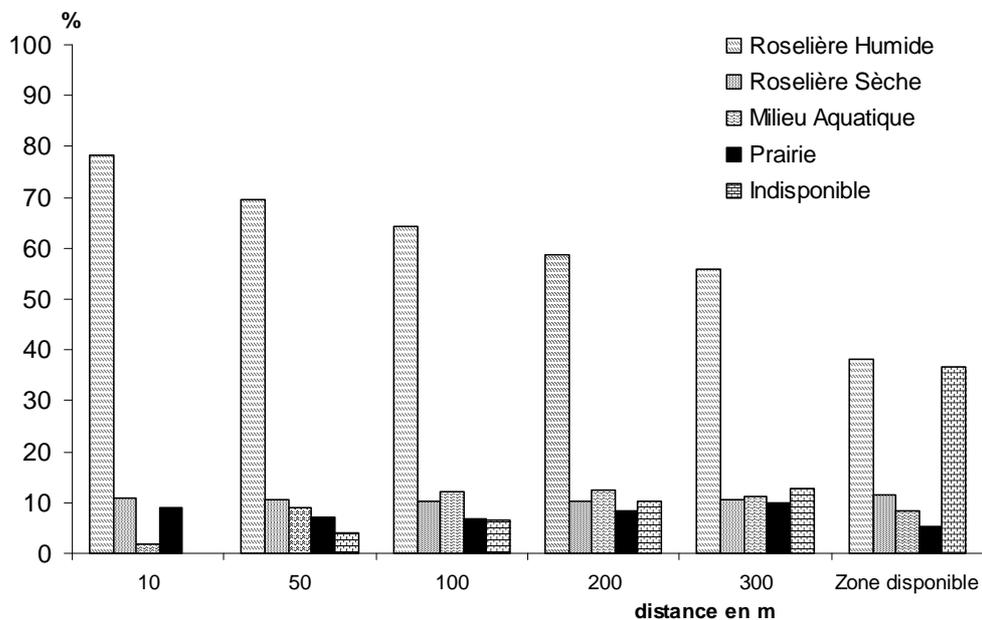


Figure 30. Proportion des milieux disponibles et occupés par les mâles dans un rayon de 10 à 300 mètres des postes de chant

Au sein de la zone disponible, nous constatons que les mâles privilégient nettement la roselière humide pour leur poste de chant (test significatif 10m / zone disponible ; $\chi^2=85,7$; DDL=4 ; P=0.000001). Cette sélection est marquée jusqu'à 300m mais les oiseaux semblent toutefois éviter les zones en eau libre à proximité même du poste de chant. Il n'y a pas de sélection apparente vis à vis des prairies et des roselières sèches. Les zones indisponibles (routes, chemins, cultures) sont très nettement évitées même à proximité du poste de chant (300m). Cela suggère que les mâles chanteurs se positionnent au cœur des massifs de roselière et suffisamment éloignés des autres milieux.

5.2.2. Chez les femelles (nid).

Les résultats sont exprimés à l'emplacement du nid et dans un rayon de 50, 100, 200 et 300 m avec un comparatif avec la zone disponible. La totalité des nids trouvés se situent dans les zones de roselières humides, en raison de la localisation des prospections (au moins en première analyse). En effet, la zone de recherche des nids présente une large part de roselières humides ; par le passé, en effet, les nids ont uniquement été trouvés dans ce type de milieu en estuaire de Seine (Fig. 31). Par ailleurs, aucun indice ne nous laisse penser que les butors nichent ici sur d'autres milieux.

Des habitats au delà des roselières humides ont été prospectés et aucun nid n'a été trouvé.

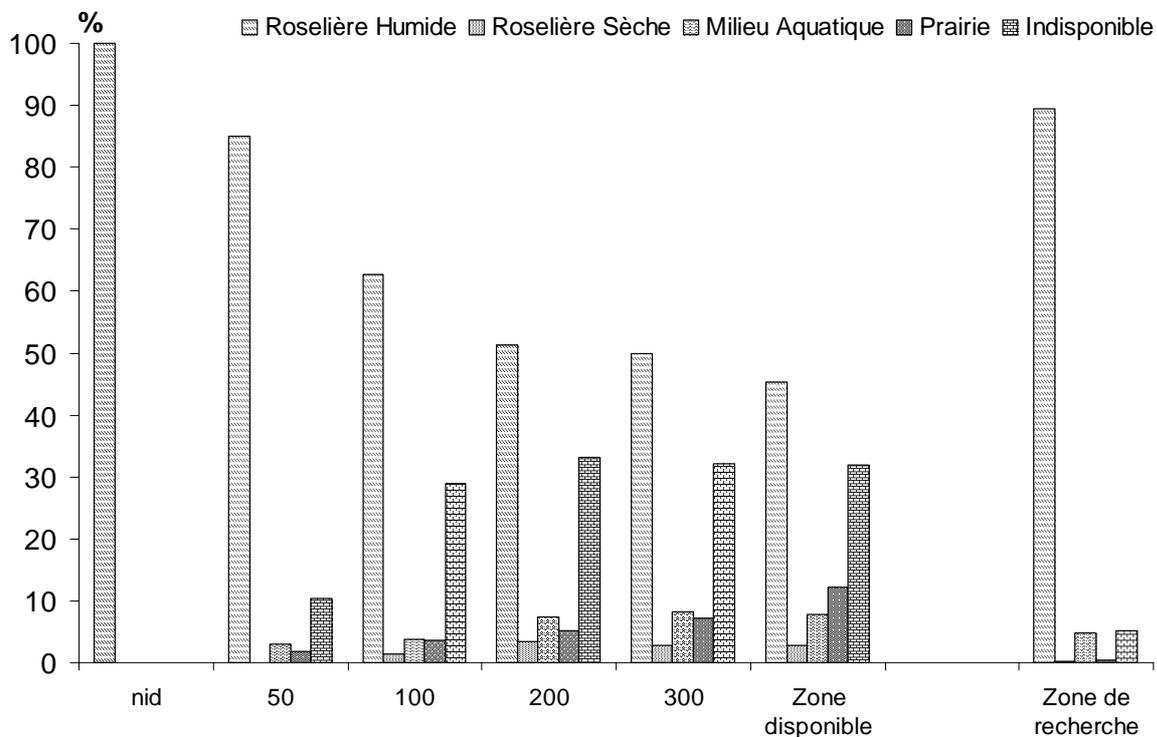


Figure 31. Proportion des milieux disponibles et occupés par les femelles dans un rayon de 50 à 300 mètres des nids

Comme attendu, les femelles sélectionnent fortement les roselières humides (Fig. 31), mais ceci n'est valable qu'à proximité immédiate du nid. Au delà de 100m, le pourcentage de roselières humides rejoint le pourcentage en zone disponible. En revanche, les femelles évitent les prairies et les milieux aquatiques à une grande échelle. Contrairement aux mâles, elles tolèrent la proximité des milieux indisponibles à partir de 100 mètres du nid. Les femelles peuvent donc s'installer à proximité même des milieux dits indisponibles comme les routes et chemins, rencontrés fréquemment dans la zone d'étude.

5.3. Sélection de l'habitat par les femelles vis à vis de la coupe du roseau.

5.3.1 Emplacement des nids.

Au total, 30 nids sur 37 (81 %) ont été trouvés sur les zones non coupées de l'estuaire de la Seine.

Tableau II. Situation des nids selon les années et le type de roselière en estuaire de Seine

	2001	2002	2003	2004	2005	total
Coupe	0	2	2	1	2	7
Non coupe	3	7	10	3	7	30

Les femelles évitent donc les zones de coupe (Tab. II). Elles semblent les tolérer à partir d'une distance de 100 mètres (Fig. 32). Nous avons toujours prospecté au minimum 27 % de zones coupées ; la coupe représente entre 49 et 53 % sur la zone disponible des femelles. Nos résultats de recherche indiquent que 19 % des nids seulement se trouvent au sein de ces zones coupées. Au vu de ces résultats, nous pouvons donc conclure que les femelles évitent significativement la roselière faucardée au moment de leur installation (test significatif nid / disponible ; $\chi^2=50,4$; DDL=1 ; P=0,000001).

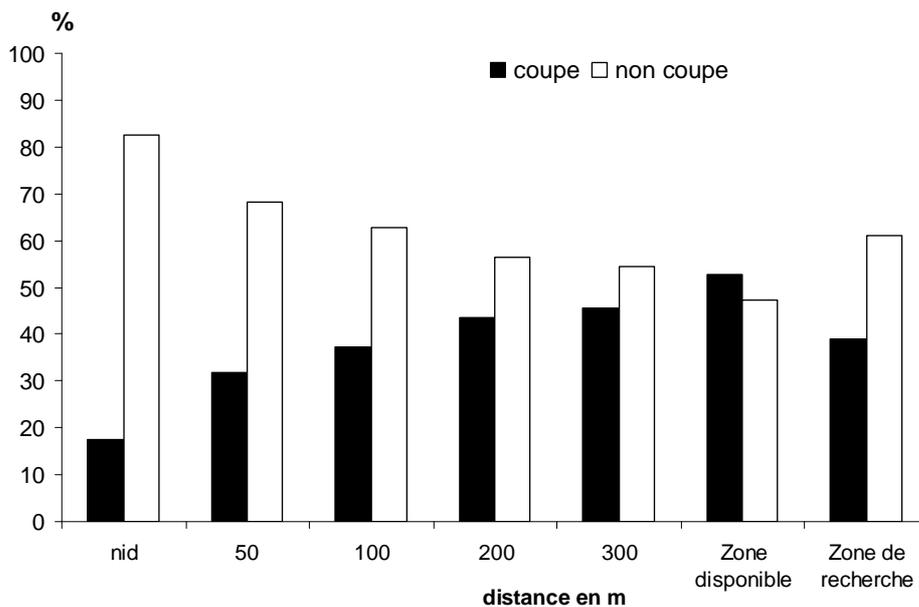


Figure 32. Proportion de roselière coupée de 50 à 300 mètres du nid

5.3.2. Distance des nids aux zones non coupées.

Sur les 7 nids trouvés en zone coupée (2 se trouvant en 2003, année sans vectorisation de la roselière), 5 d'entre eux ont été trouvés à des distances assez faibles des zones laissées sur pied (5.3, 12.8, 27.1, 41.8 et 78,8 m). Au sein de la roselière coupée comprise dans la zone disponible pour les femelles, le tirage aléatoire nous donne, selon les années, une distance moyenne constante de 50,4 et 50,9 mètres par rapport à une zone

laissée sur pied. La femelle évite les zones de coupe pour le nid mais lorsqu'elle s'installe en zone coupée c'est sans préférence de distance avec les zones non coupées (test non significatif Kolmogorov-Smirnov =0.008 ; $D=0.22$; $n=4101$ ($n= 6$ nids) ; $P=0.93$). La plupart des nids en zone coupée a été trouvé dans le même secteur : il s'agit peut-être de nids appartenant à une seule et même femelle qui s'est adaptée à la coupe.

5.3.3. Emplacement des postes de chant.

Les postes de chant (*buffer* de 10m) sont chaque année répartis équitablement en zone de coupe et non coupe (Fig. 33). La proportion de roselière faucardée dans les 300 m est légèrement supérieure à la moyenne sur la zone disponible pour les mâles. Nous pouvons conclure que les mâles ne sont pas influencés par la proximité de la coupe.

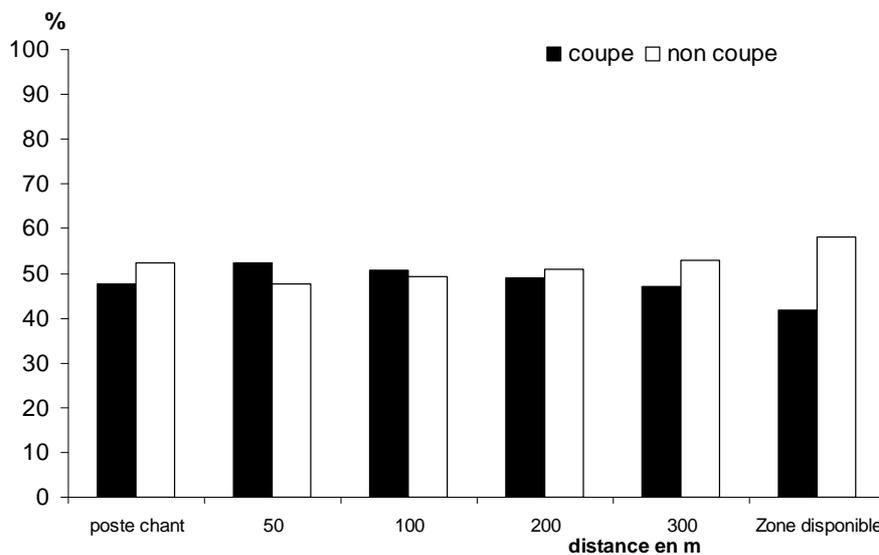


Figure 33. Proportion de roselière coupée au poste de chant et de 50 à 300 mètres du poste de chant

5.4. Sélection de l'habitat vis à vis de l'eau.

5.4.1. Caractéristiques de la gestion hydraulique de la roselière.

Sur le marais, les hauteurs d'eau sont directement tributaires du marnage de la Seine. Certaines parties sont contrôlables par le gestionnaire, d'autres bénéficient de fluctuations naturelles. Grâce au S.I.G., nous connaissons la part de la gestion contrôlée des niveaux d'eau par rapport à la part naturelle. Nous constatons que 22,18 % de la surface totale en roselière bénéficie d'une gestion de l'eau contrôlée. La zone disponible des mâles bénéficie d'une gestion des niveaux d'eau sur 20,33 % de sa surface alors que cette part est supérieure sur la zone disponible des femelles (45,22 %). Ceci vient du fait que la majorité des nids a été trouvé dans les roselières situées au nord de la route de l'estuaire. Sur ce site, la gestion hydraulique apparaît donc particulièrement importante pour l'espèce.

5.4.2. La topographie du marais sur une partie de la zone de recherche des nids.

Nous avons pu étudier la distribution topographique des nids au sein d'un secteur du marais (Fig. 34).

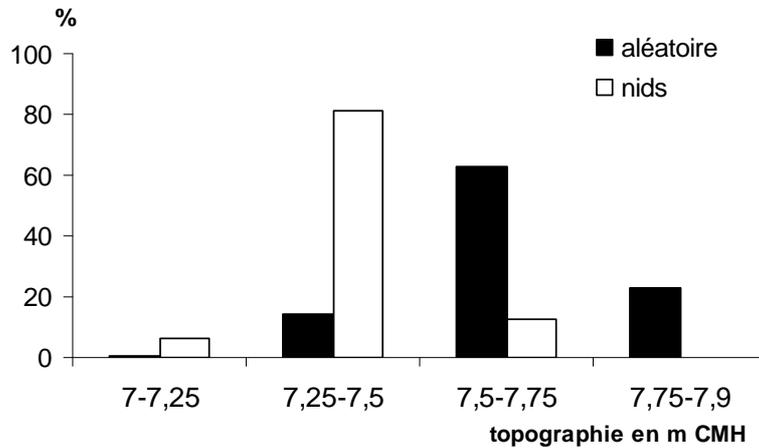


Figure 34. Proportion, en pourcentage, des nids et des points tirés aléatoirement selon les cotes topographiques du marais en C.M.H.

Les cotes topographiques du secteur étudié (zone disponible pour les femelles) oscillent entre 7,03 et 7,89 m C.M.H. (moyenne : 7,64 m et écart type : 0,14 m ; n=540). Nous avons pu relever la topographie précise sur 16 nids (43 % des nids trouvés entre 2001 et 2005) grâce à un GPS topographique Dassault (précision à 5cm). Nous avons une sélection significative des nids dans les cotes basses et dans la tranche de 7,25 à 7,5 m C.M.H. (Kolmogorov-Smirnov=0.11 ; D=0.54 ; n=563 (16 nids) ; $P < 0.0001$).

Comme nous pouvons le voir sur le graphique, 81 % de ces nids se situent entre la valeur 7,25 et 7,50 mètres C.M.H. (moyenne : 7,39 et écart type : 0,10 m), tandis que le disponible (d'après les plans topographiques) nous indique que la majorité des cotes (63 %) se situent dans l'intervalle 7,5 à 7,75 mètres C.M.H..

5.4.3. Hauteur d'eau au niveau des nids au cours de la période de nidification.

L'estuaire de la Seine est partiellement soumis à l'influence des marées, si bien qu'aucun nid n'est resté avec des niveaux très bas durant tout le cycle de la reproduction. Il s'agit du seul site du programme LIFE pour lequel ces données sont disponibles de 2001 à 2004. Comme nous pouvons le voir sur la figure 35, les années diffèrent fortement. En 2005 en revanche, nous n'avons pas eu de mesures (sur les œufs ou les jeunes) nous permettant de calculer les hauteurs d'eau de l'éclosion à l'émancipation des jeunes. En 2001, trois nids ont été découverts dans des zones qui n'avaient pas été prospectées les années suivantes et les niveaux d'eau y étaient très élevés (hauteur moyenne à l'éclosion de 60 cm). En 2002, les niveaux sont faibles mais stables alors qu'en 2003, ils augmentent

brutalement entre la ponte et l'éclosion. Ceci est dû à la situation particulière de trois nids, au sec lors de la ponte mais inondés par la suite. Enfin en 2004, l'évolution des hauteurs d'eau aux nids ressemble à celle de la Camargue, avec une forte diminution au cours du printemps.

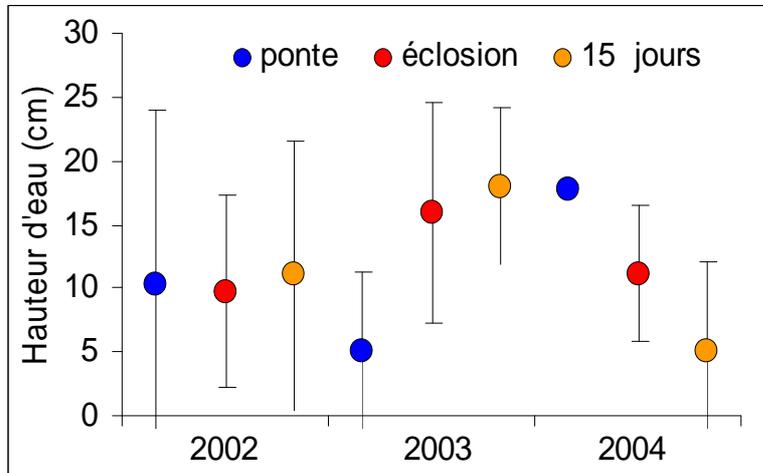


Figure 35. Hauteur d'eau au nid à la ponte (n=10), à l'éclosion (n=13) et lorsque les poussins ont 15 jours (n=9) en estuaire de Seine de 2002 à 2004 (moyenne, écart-type) in Demongin et Bretagnolle, 2005

5.4.4. Comportement des butors vis à vis de la distance des zones en eau libre.

5.4.1. Les nids.

Les zones en eau libre correspondent aux creux d'alimentation en eau et aux mares (voir Fig. 9). Nous remarquons d'après la figure 36 que les femelles positionnent leur nid en sélectionnant nettement des zones situées à moins de 100 m de l'eau libre (73% des valeurs), avec une préférence pour l'intervalle de 40 à 80 mètres (40,5 % des valeurs). Le choix de la distance du nid à l'eau libre est significativement différente de l'aléatoire (Kolmogorov-Smirnov = 0.07 ; D= 0.39 ; n=1137 (37 nids) ; P<0.0001).

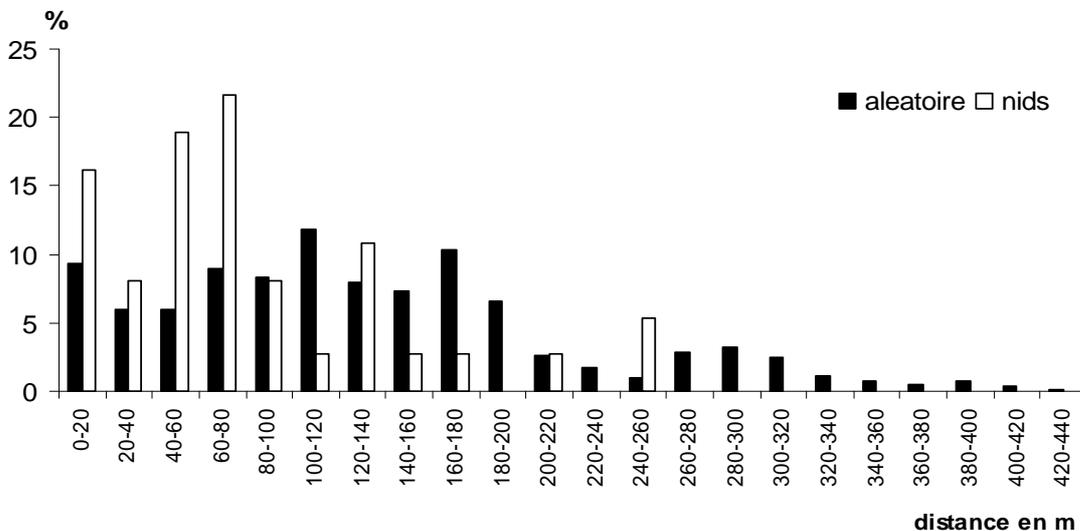


Figure 36. Proportion des distances des nids à l'eau libre (en m) et tirage aléatoire

5.4.2. Les mâles.

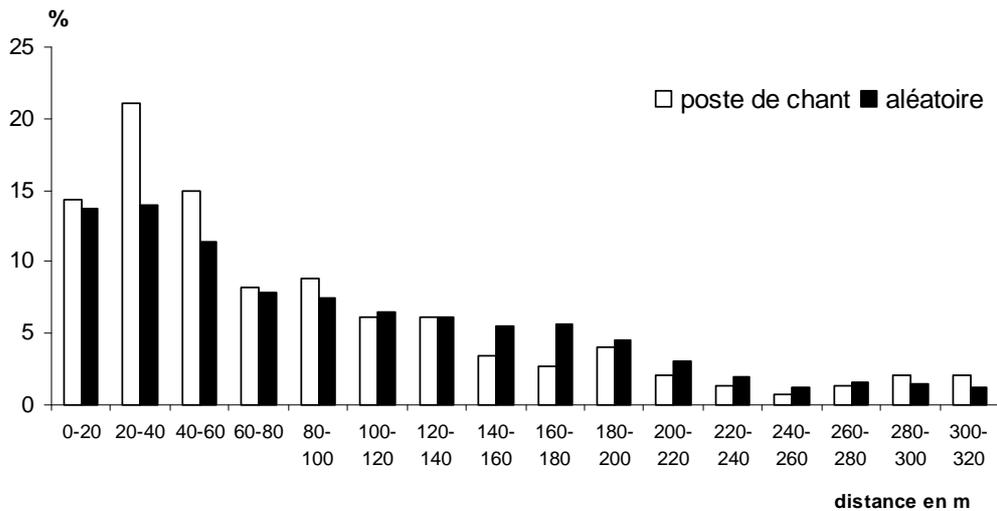


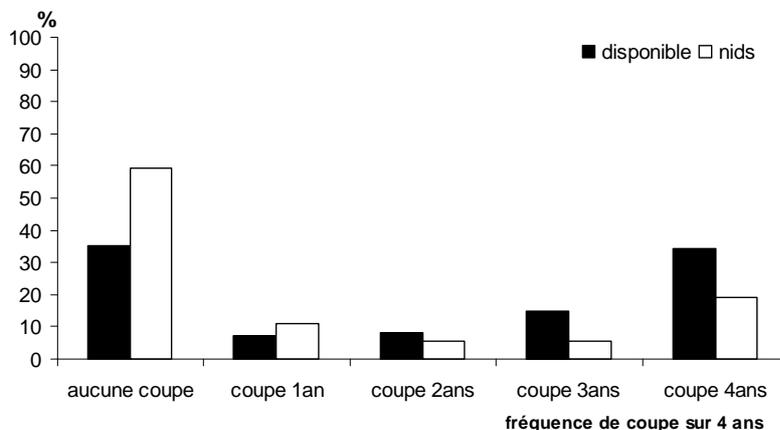
Figure 37. Proportion des distances des postes de chant à l'eau libre (en m) et tirage aléatoire

Nous constatons d'après la figure 37 que les mâles ont une légère préférence sur les zones à proximité de l'eau libre. 70% des mâles sont situés à moins de 100 m des zones en eau libre (valeur proche des femelles). Le test de Kolmogorov-Smirnov est cependant à peine significatif ($KS=0.047$; $D=0.14$; $n=1136$ (147 mâles) ; $P=0.01$) et provient en particulier de la sélection de l'intervalle entre 20 et 40 mètres. Les mâles sont donc nettement moins sélectifs que les femelles par rapport aux zones en eau libre.

5.5. La fréquence de coupe de la roselière.

5.5.1. Sélection des roselières par la femelle selon leur maturité.

Grâce au S.I.G., nous avons comparé la fréquence de coupe sur les emplacements des nids et la fréquence au sein de la zone disponible des femelles. Ceci nous permet d'évaluer l'âge des roselières dans lesquelles s'installent les femelles (Fig. 38). Nous obtenons deux distributions significativement différentes ($\chi^2 = 11,96589$ DL = 4 $p < 0,017608$). Cette



analyse nous confirme donc l'importance des roselières matures (4 ans ou plus) pour les femelles de butor ainsi que l'effet rédhibitoire des zones où la fréquence de coupe est la plus importante.

Figure 38. Fréquence de coupe sur les quatre années de suivi et situation des nids

5.5.2. Caractéristiques des zones coupées dans l'estuaire de la Seine.

La roselière de l'estuaire de la Seine couvre une surface de plus ou moins 1300ha. Pour les quatre années (2001 à 2005) (Fig. 39), entre 1000 et 1300 ha ont été cartographiés à partir de photos aérienne. Selon les années, nous savons maintenant qu'une part constante de 30 à 40 % de la surface disponible en roselière est coupée (compris les coupes autour des mares de chasse effectuées par les chasseurs) (Tab. III).

Tableau III. Evolution de la surface de coupe en estuaire de Seine durant quatre ans

Surface roselière	1149	1289	1056	1060
Non coupe disponible	642	796	564	613
coupe annuelle surface	507	493	492	447
% coupe surface théorique estuaire de Seine 1300 ha	39	38	38	34

Par ailleurs, la figure 40 nous renseigne sur le type de roselière exploitée. Nous nous rendons compte qu'en estuaire de Seine, la roselière humide est largement majoritaire dans le secteur fauché ; exploitants de roseaux et butors cohabitent donc sur les mêmes zones.

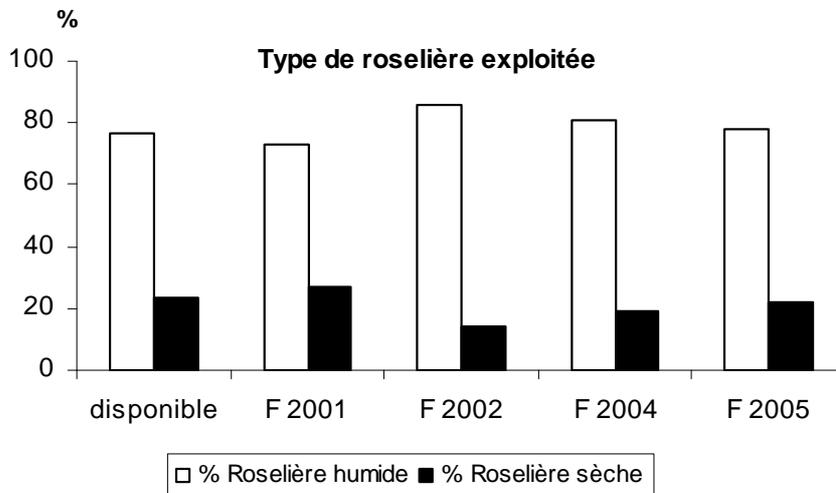


Figure 40. Proportion de roselière humide coupée selon les années

A partir de la figure 41, nous constatons que la partie ouest du pont est fréquemment faucardée au sein de la zone disponible pour les femelles. La partie à l'est connaît majoritairement une fréquence de coupe de 3 ou 4 ans mais également des zones avec des fréquences variables de 0, 1 ou 2 ans. Enfin, les zones qui n'ont pas connu de coupe pendant notre étude sont celles dites de la « Barrière jaune » et de « la CIM » à l'extrême ouest de l'estuaire. Ces zones de petites tailles n'ont pas été exploitées au moins pendant 4 années.

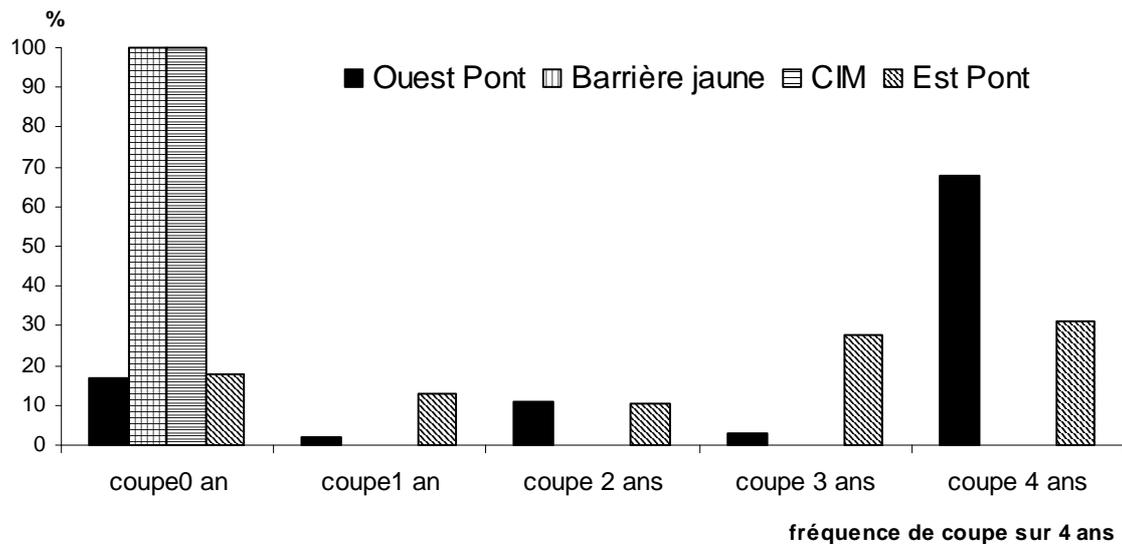


Figure 41. Fréquence de coupe sur les quatre années selon les secteurs (Voir Fig. 22)

5.6. Les paramètres de végétation influençant les femelles

Dans le cadre de notre étude, nous avons pu analyser un échantillon de 80 nids. Les nids bénéficiant de relevés proviennent pour l'essentiel de l'estuaire de la Seine (n=33) et de sites du sud de la France : Charnier-Scamandre (n=26), les Marais du Vigueirat (n=9), la Tour du Valat (n=5) et la Matte (n=5). Le site de Brenne (n=2) figure seulement dans les analyses pour la partie traitant des éclaircies. Dans les parties suivantes, les sites du sud de la France seront traités sous le terme « Sud France ».

5.6.1. Relation entre les éclaircies en roselière et la position du nid.

Les éclaircies exprimant une faible densité ont été retirées pour la suite des calculs afin de savoir s'il existe un gradient de sélection sur les densités moyennes au nid :

- roseaux secs sans les éclaircies : on retire les densités inférieures ou égales à 15 tiges sèches ;
- roseaux verts sans les éclaircies : on retire les densités inférieures ou égales à 15 tiges vertes ;
- total roseaux sans les éclaircies = roseaux verts sans éclaircies + roseaux secs sans éclaircies. On retire les valeurs inférieures ou égales à 15 tiges.

46% de la zone périphérique au nid est constitué de zones d'éclaircies contre 18 % pour l'aléatoire (Fig. 42). L'intervalle entre 30 et 40 mètres comprend 76% de la totalité des éclaircies du nid à la distance de 50 mètres. Ces éclaircies sont plus importantes que dans les points aléatoires. Les oiseaux évitent les zones d'éclaircies à proximité du nid mais semblent

rechercher des zones particulièrement ouvertes dans les 30 à 40 mètres du nid.

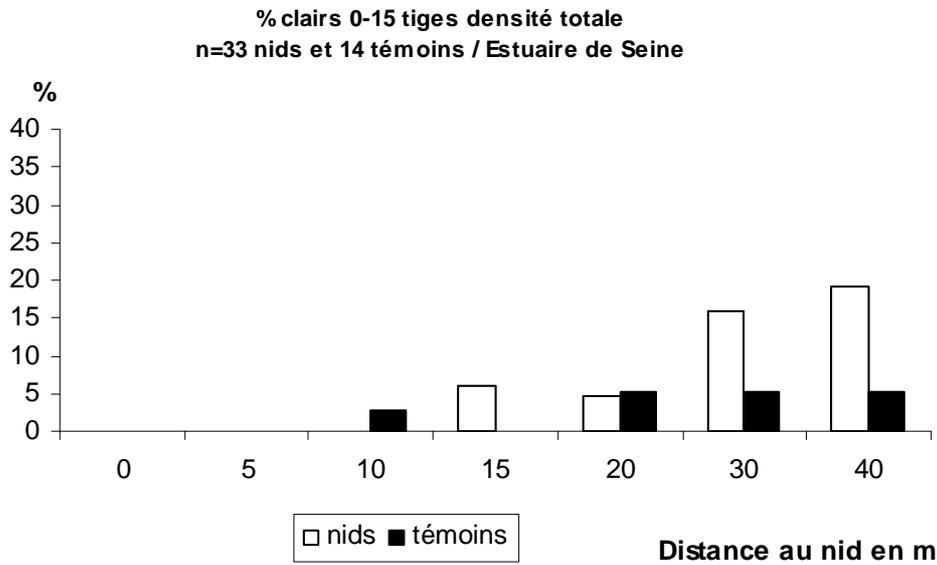


Figure 42. Proportion d'éclaircies comparées entre nids et points aléatoires jusqu'à 40 mètres en estuaire de Seine

Les autres sites dans le sud de la France ne montrent pas de réelle tendance (Fig. 43). Il semble néanmoins que les nids y présentent légèrement moins d'éclaircies à proximité.

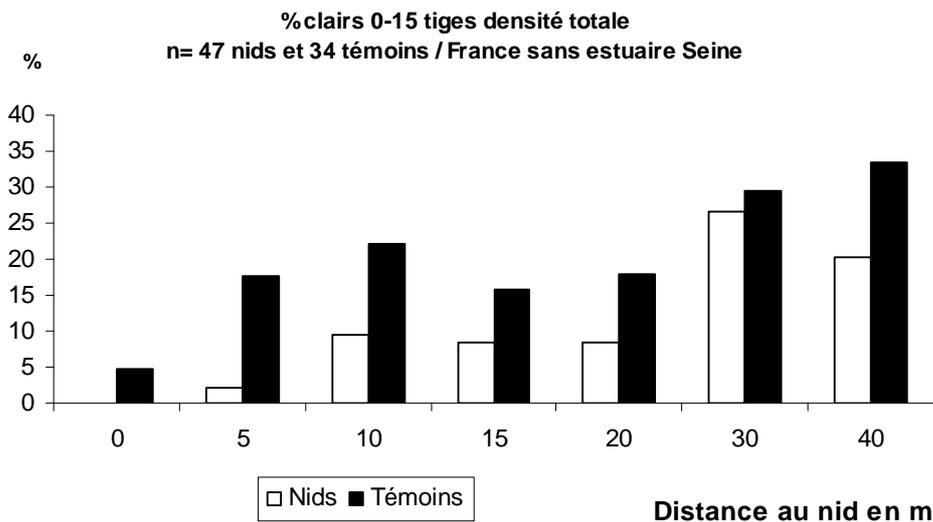


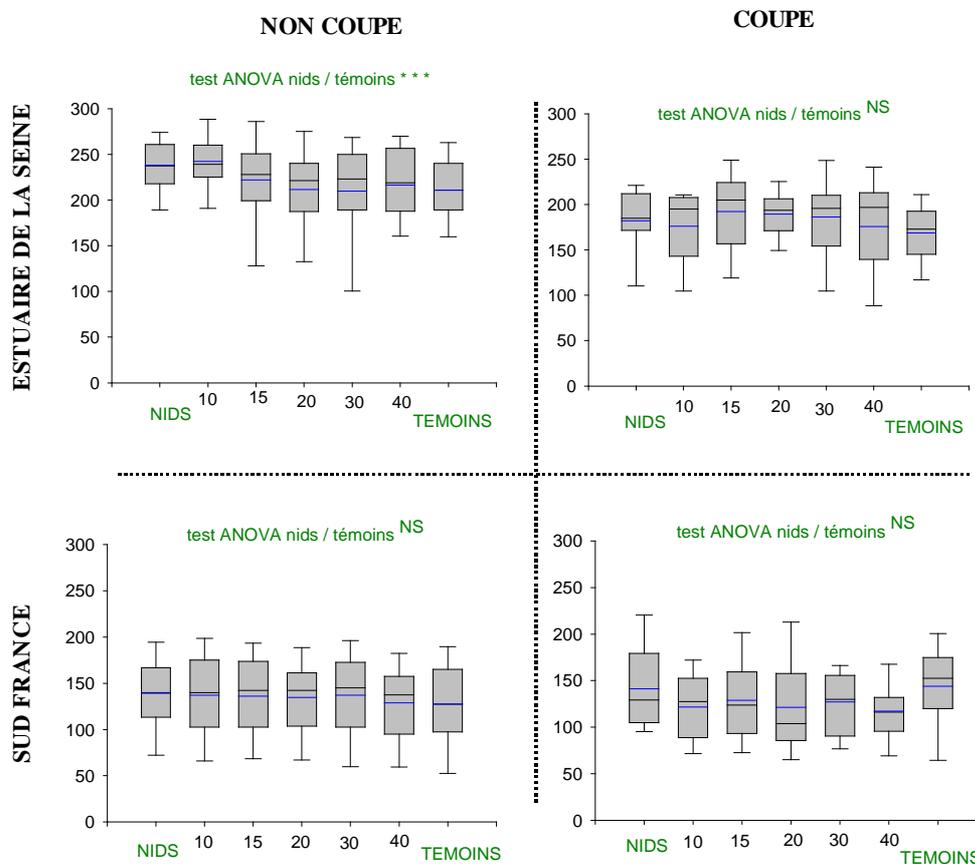
Figure 43. Proportion d'éclaircies comparées entre nids et points aléatoires jusqu'à 40 mètres dans le sud de la France

5.6.2. Paramètres de végétation influençant la position du nid en roselière

Pour les valeurs des tests statistiques (analyse de variance), se référer à l'annexe 2 qui indique par ailleurs le nombre de nids ayant fait l'objet de mesure de végétation. Pour la densité, les chiffres figurant sur les graphiques ont été conservés au ¼ de m².

5.6.2.1. Hauteur moyenne des roseaux verts.

Les valeurs proviennent de relevés effectués après la saison de reproduction (Fig. 44). Nous notons une hauteur de roseaux très différente entre le sud de la France et l'estuaire de la Seine. Sur les roselières non coupées, la valeur moyenne au nid est de 2,38 m en estuaire de Seine contre 1,39 m dans le sud de la France.



Axe abscisse : mesures aux nids (compris valeurs à 5m) puis aux distances de 10,15,20,30 et 40 m et sur des points témoins (aléatoires)

Axe ordonnée : Hauteur des roseaux en cm

— : valeur moyenne

Catégorie pour laquelle la proportion de valeurs aux nids (compris valeurs à 5m) et les valeurs aux points témoins (aléatoires) est significativement différente :

* $P < 0.05$; * * $P < 0.01$; * * * $P < 0.001$; NS : non significatif

Figure 44. Hauteur moyenne des roseaux verts au nid en estuaire de Seine et dans le sud de la France en zone de coupe ou non

Pour le calcul des hauteurs moyennes de roseaux verts, notons que nous avons retiré les valeurs nulles afin de savoir s'il existe un gradient de sélection sur les hauteurs moyennes autour des nids.

La différence est moins marquée sur les zones de coupe, avec une valeur moyenne au nid de 1,82 m en estuaire de Seine contre 1,41 m dans le sud de la France. L'écart important entre ces deux grandes régions se retrouve également sur les zones témoins. La hauteur de la roselière est fortement influencée par la coupe en estuaire de Seine. La roselière est plus haute de 40 cm en zone de non coupe. Le sud de la France présente une différence minimale avec une roselière coupée plus haute, en moyenne supérieure de 16 cm. Pour chacune des catégories et pour chacun des sites, une analyse de variance entre les valeurs aux nids et les valeurs témoins nous révèlent qu'en estuaire de Seine, les hauteurs de roseaux sur les zones non faucardées sont significativement plus importantes aux nids que sur les points témoins.

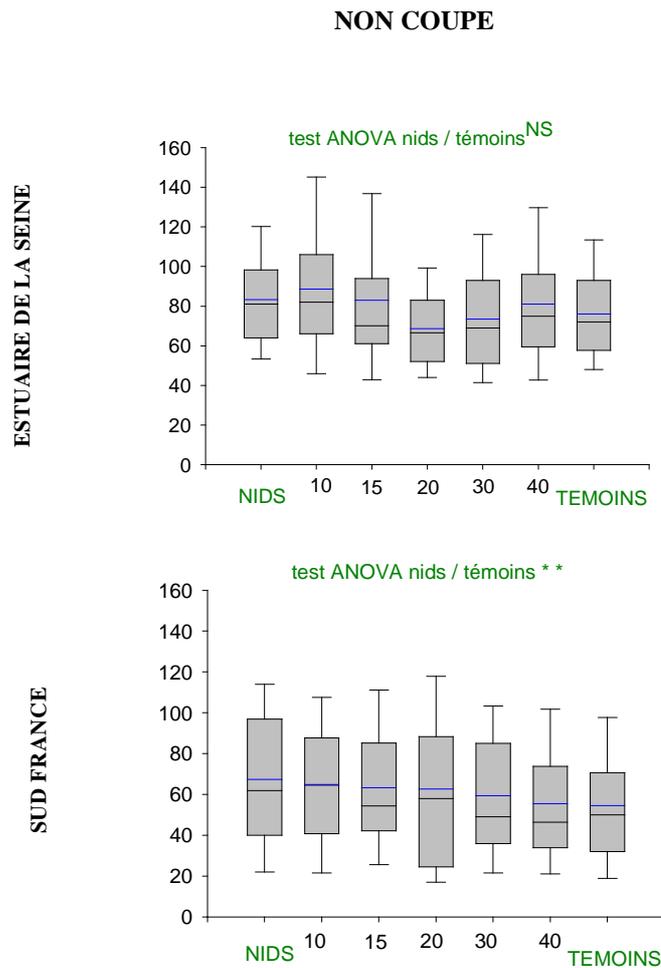
Les femelles recherchent donc les roselières les plus hautes pour construire leur nid. Les autres tests ne sont pas significatifs. Si nous comparons les valeurs aux nids avec celles des 10 à 40 mètres, nous constatons à nouveau que les hauteurs en estuaire de Seine tendent à diminuer avec l'éloignement du nid sur les zones de non coupe. La femelle sélectionne les hauteurs les plus hautes dans un rayon de 10 à 15 mètres du nid. Les nids situés dans le sud de la France (en zone de non coupe) semblent se situer sur des zones où les roseaux sont légèrement plus hauts. Si nous observons en effet une légère tendance à la baisse au fur et à mesure de l'éloignement du nid, il n'y a cependant pas d'effet significatif. Notons enfin qu'il n'y pas de tendance claire sur les zones faucardées au sein des deux régions.

5.6.2.2. Densité des roseaux.

5.6.2.2.1. Densité totale moyenne des roseaux.

Nous avons mesuré l'influence de la densité totale aux nids et sur les valeurs témoins (Fig. 45). La densité totale comprend les tiges vertes de l'année et les tiges sèches de l'année précédente. Ce paramètre n'est donc utilisable que dans les zones non coupées, là où les nids trouvés dans le cadre de notre étude sont les plus importants.

Nous observons tout d'abord que la roselière de l'estuaire de la Seine présente des densités nettement supérieures aux roselières du sud de la France. La différence moyenne entre les valeurs témoins est de 84 tiges / m². En revanche, cette différence n'est plus que de 64 tiges / m² sur les valeurs aux nids. En fait, les valeurs aux nids dans le sud de la France sont significativement plus élevées que sur les points aléatoires. En effet, la femelle sélectionne les roselières avec les plus fortes densités de roseaux (en moyenne 48 tiges de plus par m² qu'au sein des points aléatoires).



Axe abscisse : mesures aux nids (compris valeurs à 5m) puis aux distances de 10,15,20,30 et 40 m et sur des points témoins (aléatoires)

Axe ordonnée : densité totale moyenne des roseaux (1/4 m²)

— : valeur moyenne

Catégorie pour laquelle la proportion de valeurs aux nids (compris valeurs à 5m) et les valeurs aux points témoins (aléatoires) est significativement différente :

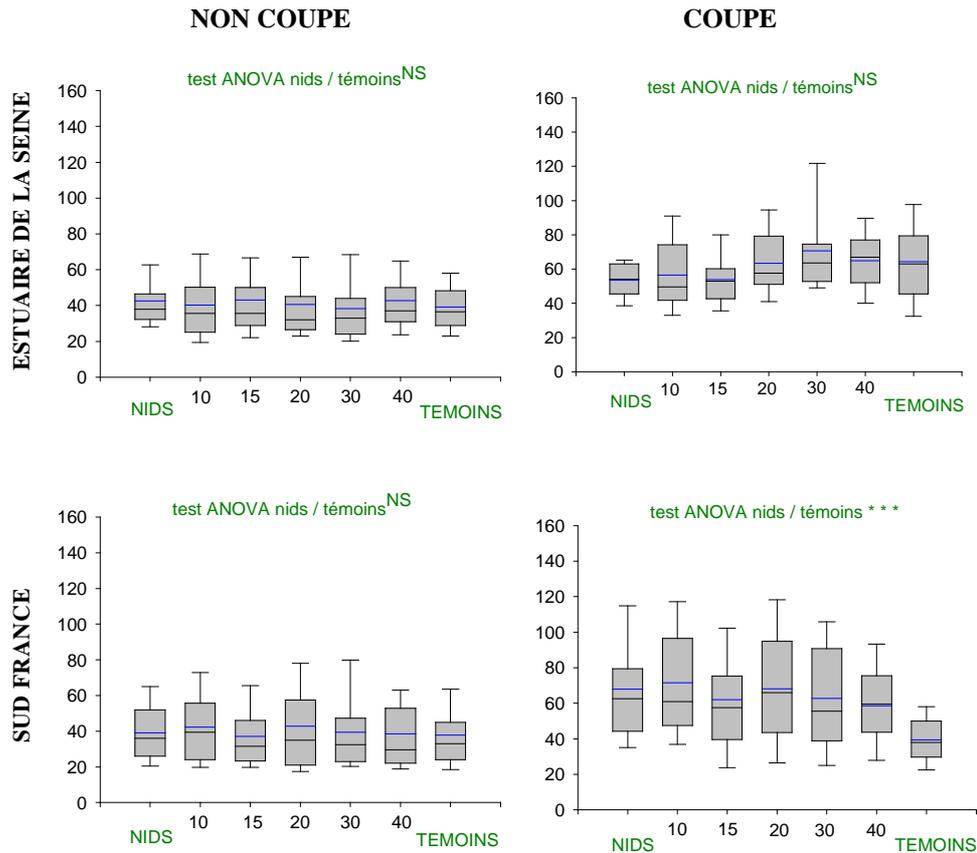
* $P < 0.05$; * * $P < 0.01$; * * * $P < 0.001$; NS : non significatif

Figure 45. Relevés de la densité totale des roseaux aux nids en estuaire de Seine et dans le sud de la France sur des roselières non coupées

En revanche, il n'y a pas de différence significative entre les valeurs aux nids et les valeurs témoins dans l'estuaire de la Seine. Cependant, il est important de noter que les valeurs situées dans les 15 mètres du nid y sont supérieures aux valeurs témoins. La tendance dans le sud de la France est parfaitement linéaire : la densité décroît au fur et à mesure de l'éloignement du nid pour retrouver des valeurs proches des valeurs témoins à partir de 40 mètres.

5.6.2.2.2 Densité moyenne des roseaux verts.

Les densités en roseaux verts semblent particulièrement variables selon que nous nous situons en estuaire de la Seine, dans le sud de la France, en zone coupée ou non (Fig. 46). En zone non coupée, les densités sont sensiblement identiques entre ces deux régions avec une différence minimale moyenne de 4 tiges par m². En revanche, comparée à celles du sud de la France, la densité en roseaux verts est en moyenne supérieure de 100 tiges par m² en zone coupée au sein des zones témoins de l'estuaire de la Seine.



Axe abscisse : mesures aux nids (compris valeurs à 5m) puis aux distances de 10,15,20,30 et 40 m et sur des points témoins (aléatoires)

Axe ordonnée : densité totale moyenne des roseaux verts (1/4 m²)

— : valeur moyenne

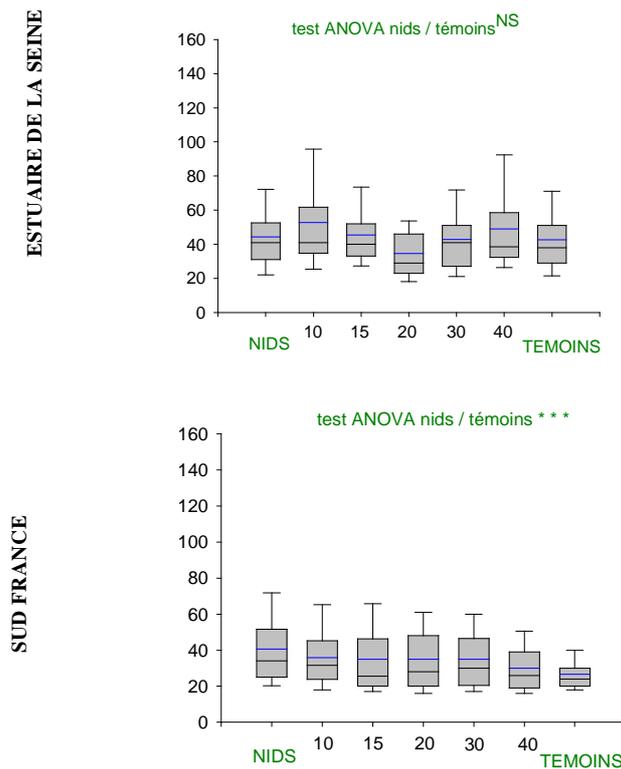
Catégorie pour laquelle la proportion de valeurs aux nids (compris valeurs à 5m) et les valeurs aux points témoins (aléatoires) est significativement différente :
 * $P < 0.05$; * * $P < 0.01$; * * * $P < 0.001$; NS : non significatif

Figure 46. Relevés de la densité totale moyenne des roseaux verts aux nids en estuaire de Seine et dans le sud de la France sur des roselières coupées et non coupées

Il n'y a pas de différence significative en estuaire de Seine entre les valeurs aux nids et les valeurs sur les points témoins. Sur ce site et en zone non coupée, la densité en roseaux verts est particulièrement constante que ce soit les valeurs proches du nid (jusqu'à 40 mètres) ou les valeurs témoins. Par contre, en zone faucardée, les densités proches du nid sont les plus faibles ; les valeurs moyennes rejoignent les valeurs témoins à partir de la distance de 20 mètres. Dans le sud de la France, les femelles sélectionnent de façon très significative les zones denses en roseaux verts au sein des zones coupées. Cette différence est en moyenne de 116 tiges par m² entre le nid et les valeurs témoins. La tendance se confirme dans les distances proches de 10 à 40 mètres, ce qui prouve bien qu'en zone coupée, les femelles recherchent les zones particulièrement denses en roseaux verts pour s'installer.

5.6.2.2.3. Densité moyenne des roseaux secs.

Nous avons vu que la différence de densités totales en roseaux en zone de non coupe et entre les zones témoins au sein des deux régions étaient très importantes. Nous constatons que les différences en densité de roseaux secs



Axe abscisse : mesures aux nids (compris valeurs à 5m) puis aux distances de 10,15,20,30 et 40 m et sur des points témoins (aléatoires)
Axe ordonnée : densité totale moyenne des roseaux secs (1/4 m²)
 — : valeur moyenne
 Catégorie pour laquelle la proportion de valeurs aux nids (compris valeurs à 5m) et les valeurs aux points témoins (aléatoires) est significativement différente :
 * $P < 0.05$; * * $P < 0.01$; * * * $P < 0.001$; NS : non significatif

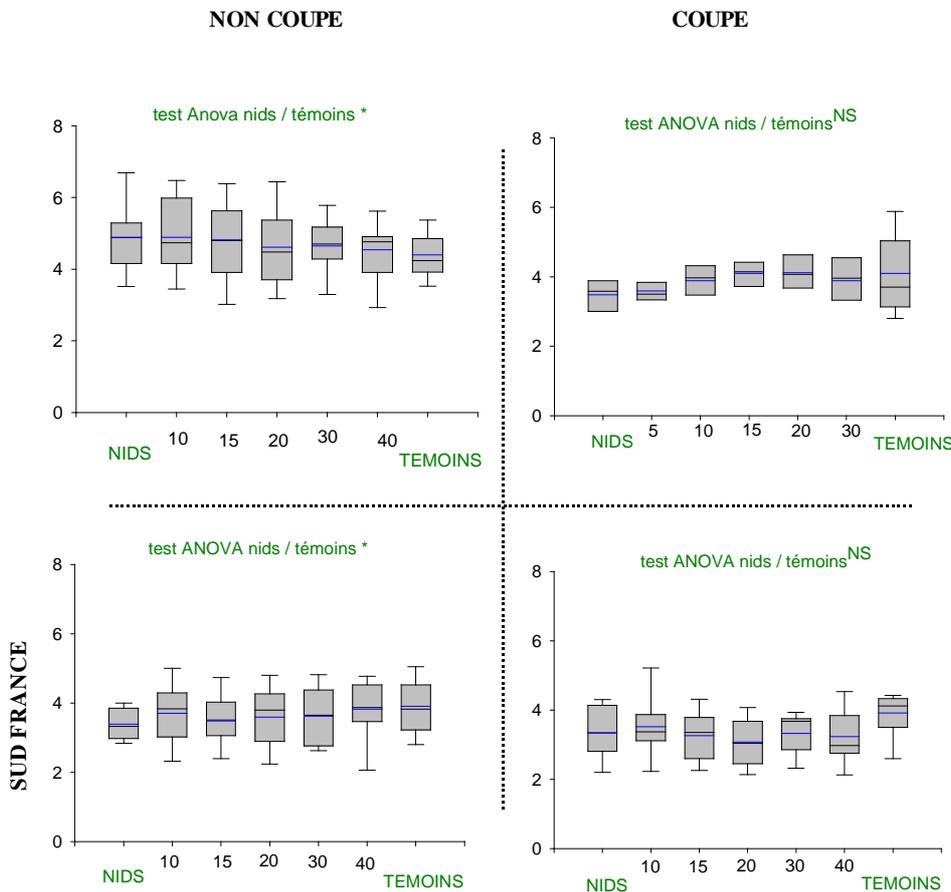
Figure 47. Relevés de la densité moyenne des roseaux secs aux nids en estuaire de Seine et dans le sud de la France sur des roselières coupées et non coupées

sont tout aussi importantes entre ces deux sites (Fig. 47). En effet, nous obtenons une différence de 64 tiges par m² entre les valeurs témoins de l'estuaire de la Seine et du sud de la France. Ainsi, nous obtenons des densités totales nettement supérieures en zone non coupée sur le site de l'estuaire de la Seine.

Les tiges sèches ne sont pas particulièrement sélectionnées en estuaire de Seine, aussi bien au nid que sur les distances de 10 à 40 mètres. En revanche, le sud de la France connaît une sélection à nouveau très significative entre les valeurs aux nids et les valeurs témoins (différence de 56 tiges en moyenne par m²). Ceci confirme qu'au sein des zones non coupées, ce sont les densités en tiges sèches qui servent de critère de sélection pour les femelles dans le sud de la France.

5.6.2.3 Diamètre moyen des roseaux verts.

Nous notons une différence dans le diamètre moyen des roseaux verts entre le sud de la France et l'estuaire de Seine (Fig. 48).



Axe abscisse : mesures aux nids (compris valeurs à 5m) puis aux distances de 10,15,20,30 et 40 m et sur des points témoins (aléatoires)

Axe ordonnée : diamètre moyen des roseaux verts en mm

— : valeur moyenne

Catégorie pour laquelle la proportion de valeurs aux nids (compris valeurs à 5m) et les valeurs aux points témoins (aléatoires) est significativement différente :

* $P < 0.05$; ** $P < 0.01$; *** $P < 0.001$; NS : non significatif

Figure 48. Relevés du diamètre moyen des roseaux verts aux nids en estuaire de Seine et dans le sud de la France sur des roselières coupées et non coupées

En zone non coupée, les diamètres moyens de témoins de l'estuaire sont supérieurs de 0,5 mm par rapport au sud de la France. L'écart est de 1,5 mm entre les valeurs aux nids. Ceci provient de la sélection inverse entre les deux sites. En effet, en zone laissée sur pied, nous obtenons pour l'estuaire de la Seine une sélection significative sur les diamètres les plus importants et l'inverse pour le sud de la France. De plus, les valeurs en estuaire de Seine régressent légèrement avec l'éloignement du nid, ce qui confirme la sélection des roseaux les plus épais pour la nidification.

A l'inverse, la tendance est à la hausse dans le sud de la France. Il semble donc dans cette région que les femelles s'installent sur les roselières où les diamètres sont les plus faibles dans un rayon de 40 mètres. Pour ce qui est de la zone coupée en estuaire de Seine, nous notons une augmentation non significative du diamètre au fur et à mesure de l'éloignement du nid, mais aucune tendance ne se dessine pour le sud de la France. Précisons que le jeu de données est très faible en zone de coupe (voir annexe 2).

Ce long chapitre traitant de la sélection du butor étoilé a fait l'objet d'une communication à un séminaire européen à Angerville l'Orcher en 2004 (voir annexe 4) et d'une communication au Colloque Francophone d'Ornithologie à Paris en 2006 (voir annexe 5).

CHAPITRE 6 : OCCUPATION DE L'ESPACE, DISPERSION ET COMPORTEMENT.

6.1 Oiseaux bagués et équipés d'émetteur en estuaire Seine.

En France, bien que le nombre de nids découverts ait fortement augmenté entre 2001 et 2003, le nombre de poussins bagués est resté très faible. En 2003, seulement 16 oiseaux ont été bagués, du fait d'un succès de reproduction très faible, tant en estuaire de Seine que sur le site du Charnier-Scamandre. En 2004, 31 oiseaux ont été bagués ; cette augmentation résulte d'un nombre assez élevé de poussins bagués en Camargue et à la Matte. En 2003 et 2004, 12 adultes (trois mâles et neuf femelles) ont été capturés. En estuaire de Seine, nous avons bagué 29 oiseaux entre 2001 et 2005. 12 oiseaux ont été équipés d'émetteur parmi lesquels 8 juvéniles et 3 mâles adultes (Tab. IV).

Tableau IV. Nombre d'oiseaux bagués et équipés d'émetteur en estuaire de Seine

Année	2001	2002	2003	2004	2005
bage	9	12	4	2	2
émetteur	0	7 (PUL)	1 (mâle ad.)	2 (mâle ad.)	1 (PUL)

Un des deux mâles adultes est revenu sur le même site à partir du 17 mars de l'année suivante. Le second oiseau n'a pas été contacté l'année suivante. Cependant, un oiseau reproduisait un comportement tout à fait singulier sur le même territoire (chanteur dans une roselière enclavée entre deux voies ferrées), ce qui nous laisse penser qu'il s'agissait du même individu et que la pile de l'émetteur n'était plus en état de fonctionner. Il existe probablement une fidélité importante des mâles à leur lieu de reproduction. Les points de chant situés la plupart du temps dans les mêmes secteurs confirment cette tendance.

6.2. Domaines vitaux et territoire de chant.

6.2.1. Surface des territoires et fidélité.

Le temps de suivi moyen est de 58 jours. Trois mâles ont été suivis par télémétrie et cinq autres par leur territoire de chant à l'initiative de Luca Puglisi (CNRS Chizé) (Fig. 49). Il n'y a pas eu de changement majeur de comportement suite à la capture : les oiseaux sont restés sur leur territoire et les mâles ont repris leur activité de chant dès le premier soir. Nous avons effectué des analyses d'habitats pour ces huit mâles pendant la période de reproduction. Notons qu'un mâle a été équipé sur la rive sud de l'estuaire de la Seine le 18 décembre 2003 mais il a été électrocuté par une ligne électrique le 3 février 2004 (48 jours). L'oiseau est resté dans le même environnement pendant ce laps de temps et n'a pas pu faire l'objet d'une étude fine de son territoire par manque de points de localisation.

Le tableau V présente les résultats globaux concernant les individus suivis par radio-pistage (Fig. 50) ou par le chant :

Tableau V. Surfaces des territoires (kernel en ha) de 8 mâles suivis par radio-pistage et par le chant en estuaire de Seine

Caractéristiques des mâles adultes suivis						MCP	kernel		Href "ad hoc"		Href moy "ad hoc"	
Type	id	Pts	nbjours	début	fin	MCP100	Hréf fixe	Hréf fixe moy	Kernel 50	Kernel 90	Kernel 50	Kernel 90
telé	anova05	17	42	17/03/2005	27/04/2005	24,602	0,624	0,61325	15,154	51,166	15,48	50,557
telé	agora	56	41	20/05/2004	29/06/2005	6,666	0,511	0,61325	2,303	7,756	2,555	8,711
telé	anova04	42	38	15/05/2004	21/06/2004	97,077	0,536	0,61325	41,734	147,544	48,028	161,976
chant	T1	20	84	10/03/2002	01/06/2002	2,17	0,607	0,61325	1,188	4,826	1,19	4,862
chant	C2	17	75	19/03/2002	01/06/2002	0,744	0,624	0,61325	0,408	1,464	0,398	1,432
chant	P3	13	63	14/03/2002	14/05/2002	1,632	0,652	0,61325	0,701	3,288	0,641	3,122
chant	R4	11	56	24/03/2002	18/05/2002	4,906	0,671	0,61325	3,098	14,171	2,736	12,576
chant	Ca5	10	64	18/03/2002	20/05/2002	1,359	0,681	0,61325	1,207	3,79	1,126	3,429

Les mâles ont été suivis pendant la saison de reproduction. Les trois oiseaux suivis par télémétrie ont des domaines vitaux nettement plus grands. Les surfaces des domaines vitaux kernel fixe diffèrent peu selon que nous considérons la valeur *ad hoc* de *h* pour chacun des domaines vitaux et territoires de chant (min : 0,511 ; max : 0,681) ou que nous attribuons la moyenne obtenue en additionnant la valeur *ad hoc* de *h* de l'ensemble des domaines vitaux kernel ($h=0,61$).

L'écart type est très important pour les mâles suivis par télémétrie : le territoire pour le même mâle « anova » est trois fois supérieur en 2004 (anova04) que par rapport à 2005 (anova05). Le kernel en 2004 présente deux noyaux séparés d'un kilomètre, ce qui explique sa surface importante.

Nous nous intéressons maintenant aux moyennes obtenues entre l'ensemble de ces mâles (Tab. VI) :

Tableau VI. Territoires moyens (kernel en ha) des mâles suivis par le chant et par télémétrie

Types de contact	MCP MCP100	kernel		Href "ad hoc"		Href moy "ad hoc"	
		Hréf fixe	Hréf fixe moy	Kernel 50	Kernel 90	Kernel 50	Kernel 90
Moy M télé	42,782	0,557	0,613	19,730	68,822	22,021	73,748
Moy M chant	2,162	0,647	0,613	1,320	5,508	1,218	5,084
écart type M télé	47,869	0,059		20,110	71,547	23,432	79,221
écart type M chant	1,618	0,031		1,050	4,994	0,911	4,362

La moyenne du domaine vital kernel d'un mâle suivi par télémétrie est de 73,748 ha (n=3) contre 5,0842 ha pour le territoire de chant (n=5). Cette différence peut venir d'une part de l'importance du territoire du mâle « anova » en 2004 mais aussi du fait que les suivis sont assurés en dehors de la phase unique de chant. L'interprétation de ces résultats conduit à penser que les oiseaux sortent de leur territoire de chant pour s'alimenter.

6.2.2 Milieux compris dans les territoires.

Nous pouvons analyser les milieux fréquentés par les cinq mâles chanteurs en 2002, les deux mâles suivis par radio-pistage en 2004 et le dernier mâle équipé d'un émetteur en 2005.

Les huit domaines vitaux retenus pour cette analyse sont ceux calculés sur la base de kernel fixe 90 avec un paramètre h de lissage déterminé en faisant la moyenne des valeurs *ad hoc* de h obtenues pour les domaines vitaux kernel fixe de l'ensemble des huit mâles. Nous représentons les milieux occupés en pourcentage et en fonction de la probabilité de présence du mâle au sein du domaine vital (kernel). Les valeurs oscillent entre 10 et 90 %. Nous avons calculé pour chacun des mâles la moyenne de chaque milieu représenté sur le kernel total (voir annexe 3). Nous obtenons ainsi différentes situations sur les habitats occupés par les mâles. Selon la proximité ou non du noyau, la proportion des milieux diffère assez peu. Certains mâles cependant, comme Agora, C2, T1 ou P3, obtiennent une nette tendance avec l'éloignement du noyau. La proportion de roselière et de milieux aquatiques évolue nettement avec la valeur de probabilité au sein du kernel.

Nous constatons ainsi au travers de cette étude que certains mâles peuvent nettement sélectionner les zones de fauche, voire les prairies, alors que d'autres les évitent (voir annexe 3). Les mâles sont donc très éclectiques dans le choix de leurs habitats en estuaire de Seine. En étudiant les moyennes de ces huit mâles (Fig. 51), nous avons constaté qu'elle ne sont pas différentes si nous considérons la valeur optimale *ad hoc* de h calculée par le logiciel (domaines vitaux kernel fixe) ou si nous considérons la valeur de h obtenue en faisant la moyenne de chacune des valeurs *ad hoc* de h de chacun des kernels fixes (voir annexe 3). Ces résultats justifient la prise en compte d'une valeur moyenne dans l'étude des milieux occupés par l'ensemble des mâles.

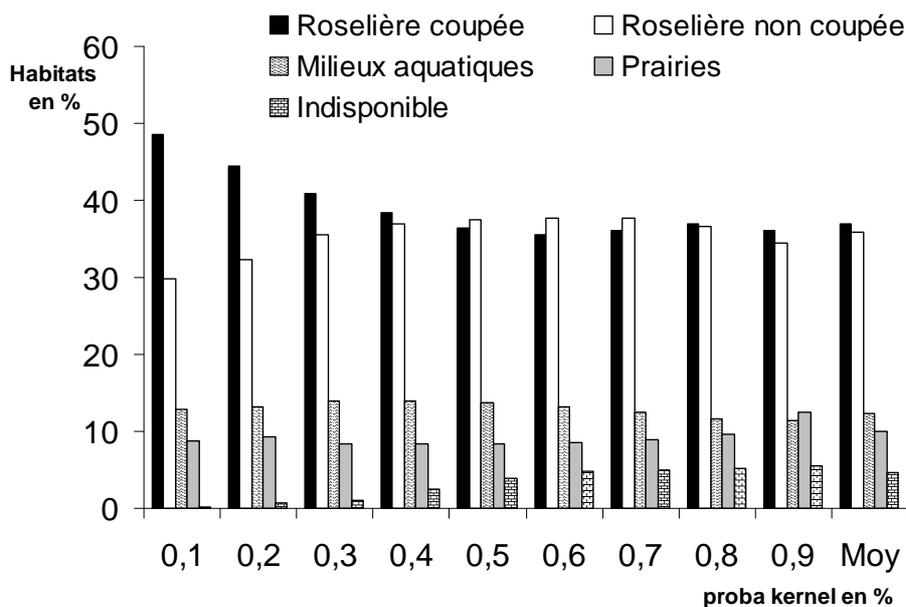
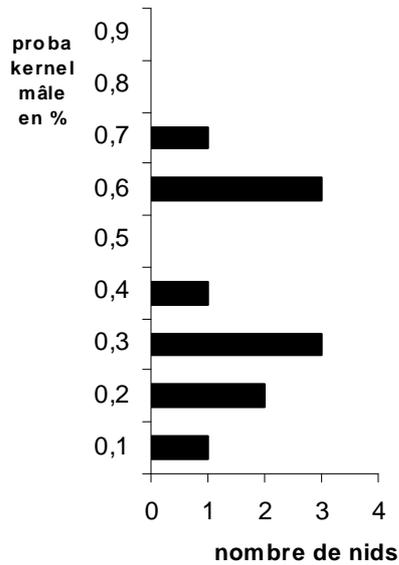


Figure 51. Moyenne des habitats fréquentés par huit mâles (moy. href fixe)

Nous constatons que la roselière coupée est légèrement plus importante au cœur du noyau. A travers l'étude des milieux sur 8 mâles et sur trois années, les résultats individuels confirment les résultats de population analysés précédemment. Les mâles se trouvent parfaitement indifférents à la coupe du roseau, mais selon les individus, nous obtenons parfois des situations totalement opposées (voir annexe 3).

6.3 Situation des nids au sein des territoires des mâles.



La prospection des nids s'est faite simultanément sur les zones où des mâles ont été suivis par télémétrie ou par le chant. Sur 13 nids trouvés en 2002, 2004 et 2005, nous obtenons 11 nids situés dans les domaines vitaux des mâles (Fig. 52).

64% de ces nids se situent à proximité même du noyau (zone inférieure ou égale à la probabilité de présence 0,5).

Figure 52. Relation entre le positionnement des nids et l'étude des domaines vitaux des mâles

Deux nids ont été trouvés au sein de zones isolées sans présence de mâles, ce qui suggère que les femelles peuvent avoir parfois des milieux de vie bien différenciés des mâles.

6.4 Dispersion des oiseaux.

6.4.1 Caractéristiques des jeunes équipés en estuaire Seine.

Seuls les oiseaux bagués en estuaire de Seine durant le programme nous ont apporté des données de reprise ou contrôle. Huit oiseaux ont été équipés d'émetteur. Les jeunes capturés au nid étaient en moyenne âgés de 10 jours au moment du baguage et de la pose de l'émetteur (Tab. VII).

Tableau VII. Temps de séjour des jeunes oiseaux équipés d'émetteur

Caractéristiques des jeunes suivis						MCP
Type	id	Pts	nbre jours	début	fin	MCP100
telé	NWPont	22	32	09/06/2005	10/07/2005	1,4
telé	24	6	54	26/06/2002	18/08/2002	58,237
telé	22	5	73	26/06/2002	06/09/2002	0,925
telé	19	5	11	26/06/2002	06/07/2002	2,084
telé	17	5	31	26/06/2002	25/07/2002	0,639
telé	23	4	35	26/06/2002	30/07/2002	1,07
telé	21	4	35	26/06/2002	30/07/2002	16,735
telé	18	4	47	30/07/2002	14/09/2002	0,828

Selon le tableau VII, les jeunes oiseaux équipés au nid ont quitté l'estuaire très tôt (moyenne 40 jours ; écart type 18,4 jours). Les 55 points de contact sur S.I.G. proviennent pour l'essentiel de zones de non coupe (85% des contacts), le reste étant sur des zones de coupe. Le dernier contact pour chaque jeune correspond au point le plus éloigné du nid (Tab. VIII). Aucun oiseau bagué n'a été retrouvé sur le site les années suivantes, et ce malgré la présence d'émetteur avec des piles d'une durée d'un an.

Tableau VIII. Distance de contact la plus éloignée du nid (point correspondant aux derniers contacts et lieu de départ des oiseaux)

id jeunes	distance m
Nwpont	104
23	194
18	278
17	332
22	350
19	404
21	1110
24	5640
Moy	1051,5
ecart type	1879,13954

Un jeune oiseau a bénéficié d'un suivi plus important en 2005. Celui-ci présente un domaine vital de 2,333 hectares pour un kernel 90 (Href fixe = 0,597). Le point bleu figurant au centre du kernel sur la figure 53 représente le nid.

6.4.2 Caractéristiques des oiseaux bagués en France.

Jusqu'en 2005 (dernière année concernant l'étude du butor dans le cadre du LIFE), le fichier du CRBPO⁸ comprenait 83 données de baguage, 9 données de reprise et une donnée de contrôle (Fig. 54). Seulement trois déplacements importants sont notés :

- un jeune oiseau bagué le 25 mai 2001 en Seine-Maritime (Estuaire de Seine, Sandouville) et contrôlé vivant le 28 octobre 2002 dans le Finistère (Tréogat, station de Trunvel) ;
- un jeune oiseau bagué le 3 juin 2002 en Seine-Maritime (Estuaire de la Seine, Oudalle) et retrouvé mort le 16 septembre 2003 en Angleterre (Berkshire, Dinton pastures country park) ;
- un jeune oiseau bagué le 20 août 1988 en Allemagne (Frankfurt) et retrouvé mort en Gironde (étang de Carcans) le 31 août 1990.

Des oiseaux ont été retrouvés morts après avoir été bagués dans le même département (Bouche du Rhône, Isère, Loire Atlantique). Deux autres oiseaux ont été retrouvés morts dans un département voisin au département de baguage (Calvados, Cher).

⁸ Centre de Recherche sur la Biologie des Populations d'Oiseaux

Le record de port de bague est de quatre ans et concerne un oiseau bague dans les Bouches du Rhône en 1954 et repris en 1958.

6.5 Comportement migratoire en France.

Les observations printanières ont permis d'individualiser un minimum de 213 oiseaux en départ migratoire pour les années 2003 et 2004. 38 soirées ont été consacrées à l'observation des butors partant en migration. Le choix des soirées dépendait principalement des conditions météorologiques. Ainsi, sur les Marais du Vigueirat, de nombreuses observations ont été réalisées lors des dénombrements crépusculaires des mâles chanteurs, mis en œuvre par temps calme et en absence de précipitations. La durée de suivi a été relevée lors de certaines soirées. La durée moyenne par soirée pour l'estuaire de la Seine est de 62 minutes (n=11) contre 30 minutes pour les Marais du Vigueirat (n=9).

Un effectif global a pu être noté au cours de chacune de ces soirées. Nous constatons sur le tableau IX que les plus importants passages correspondent pour l'essentiel aux mois de mars. En effet, onze soirées ont permis de comptabiliser plus de 6 oiseaux en départ migratoire. Les effectifs ont été particulièrement élevés vers la mi-mars puisque la soirée la plus importante dans les Marais du Vigueirat est le 15 mars 2003 avec 25 oiseaux et celle pour l'estuaire de la Seine est le 19 mars 2003 avec 24 oiseaux.

Tableau IX. Nombre minimum de butors étoilés observés par soirée

Nombre individus	Estuaire de Seine				Marais du Vigueirat			
	1	2-5	6-10	>10	1	2-5	6-10	>10
15-28 février		1						
1-15 Mars	3	3	2	1				1
16-31 Mars	4	3	1	2	2	1	2	2
1-15 Avril	2	1			1	2	1	1
16-30 Avril	2				1	1		

Nous constatons toutefois des différences en analysant les horaires de départ au niveau de chacun des deux sites (Fig. 55). Ainsi l'horaire moyen des départs sur les Marais du Vigueirat a lieu 24 minutes après le coucher du soleil, alors qu'en estuaire de Seine, les oiseaux sont contactés 35 minutes après le coucher du soleil. Cet écart s'explique probablement par le fait qu'aux Marais du Vigueirat, les oiseaux sont contactés dès qu'ils décollent, tandis qu'en estuaire de Seine ils sont le plus souvent observés alors qu'ils quittent le site en vol direct. L'étendue de la roselière (une dizaine de kilomètres de long) et le comportement des oiseaux lors du départ viennent conforter cette hypothèse (dans certains cas il peut s'écouler près de 10 minutes entre le moment où le premier butor décolle et le moment où le groupe qui s'est constitué part véritablement).

Répartition horaire des départs de butors étoilés en 2003 et 2004

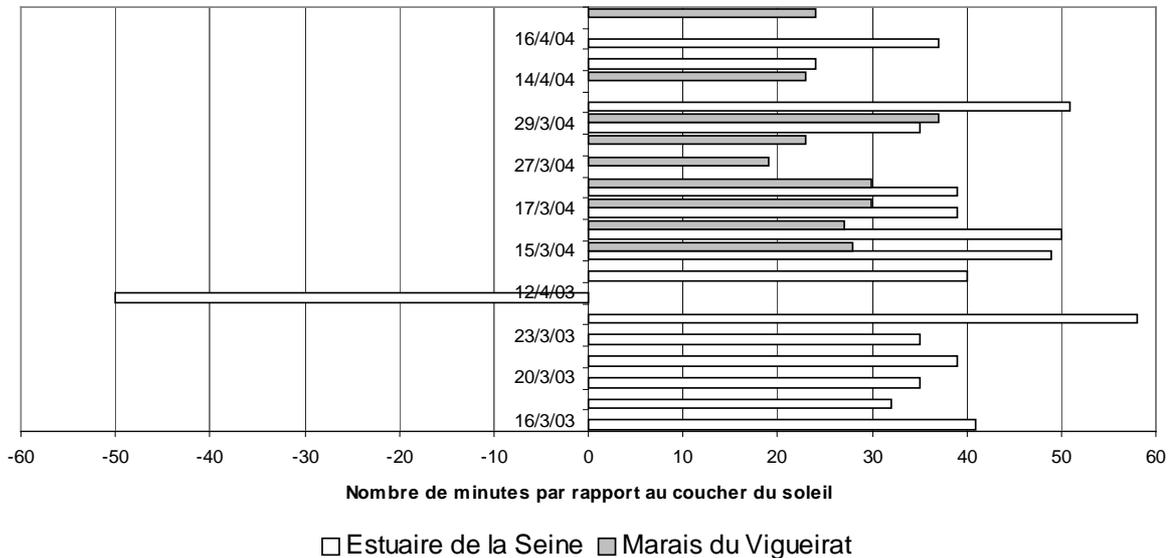


Figure 55. Aperçu du passage horaire migratoire en estuaire de Seine et aux Marais du Vigueirat

Cette partie traitant de la migration du butor étoilé a fait l'objet d'un article publié dans la revue *Ornithos* en 2008 (voir annexe 6).

6.6 Rythme d'activité par suivi vidéo.

Un système vidéo a été installé à proximité d'un nid durant une phase d'absence de la femelle, le 7 juin à 16h. Le suivi a été continu et a duré 26 heures 10. Il nous a permis d'étudier l'activité sur un cycle entier de 24 heures depuis l'arrivée de la femelle au nid à 18h le 7 juin 2005 jusqu'à 18h le lendemain 8 juin.

Les conditions météorologiques qui accompagnaient ce suivi se sont révélées clémentes. Les températures ont oscillé entre 8 et 15 degrés, la vitesse du vent a varié de 16 à 22 km/h et la nébulosité était très variable (1 à 71% de couverture nuageuse). Le coucher du soleil, le 7 juin 2005, s'est produit à 22h01 (heure d'été) et le lever du soleil le 8 juin 2005 à 5h55 (heure d'été).

64 données ont été récoltées afin d'étudier le comportement au nid de la femelle, ainsi que celui des jeunes âgés de 10 à 12 jours (activité de confort, nourrissage, durée des activités,...). Nous constatons que la femelle a passé la plupart de son temps en dehors du nid. En effet, l'oiseau s'est absenté pendant 15,6 heures (940 minutes) soit pendant 66 % du cycle observé (Fig. 56).

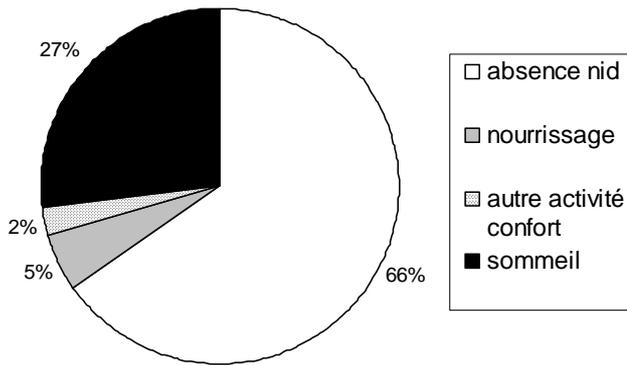


Figure 56. Rythme d'activité d'une femelle durant un cycle de 24 heures

La femelle est restée au nid pendant 34 % du cycle dont 27 % en temps de repos nocturne. Le temps restant était réparti sur des séances de nourrissage (5%) et sur de l'activité de confort (toilette...). Les visites au nid ne sont pas espacées régulièrement dans le temps. Grâce à la vidéo, nous avons pu distinguer 20 périodes dont 10 caractérisées par la présence de la femelle au nid (Fig. 57) :

- 4 visites au nid de la fin d'après-midi à la tombée de la nuit le 7 juin 2005
- 1 longue phase de présence au nid pendant la nuit du 7 au 8 juin 2005
- 2 visites au nid pendant la matinée du 8 juin 2005
- 3 autres visites de midi jusque dans l'après-midi du 8 juin 2005

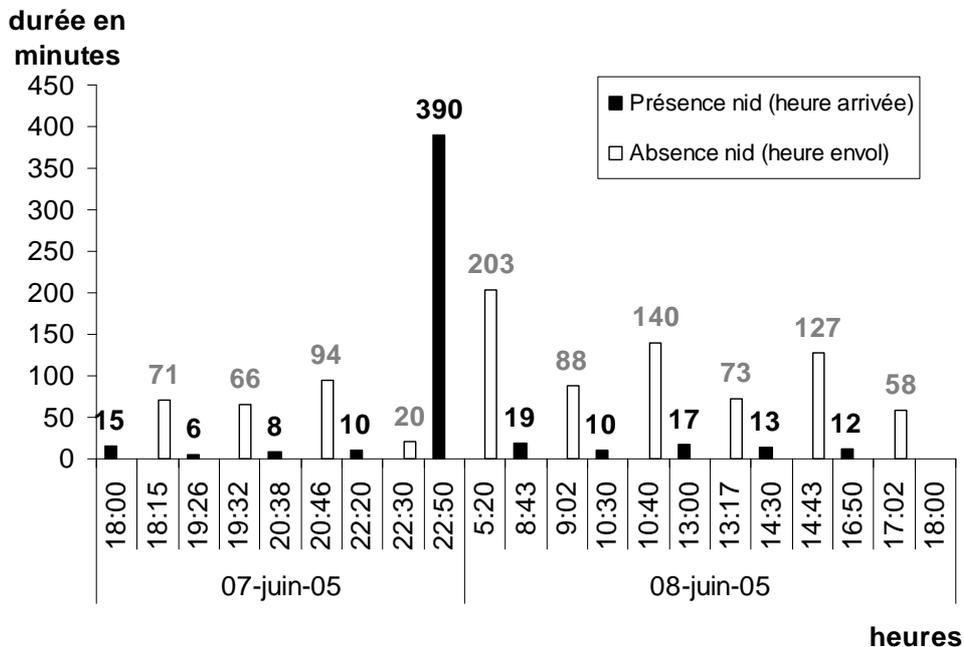


Figure 57. Inventaire des périodes de présence et absence au nid (échelle horaire « non linéaire ». Lire le graphique comme suit : arrivée à 18h00, présence au nid pendant 15 minutes puis envol (18h15), absence de 71 minutes puis arrivée au nid (19h26) avec 6 minutes de présence...

La moyenne de présence au nid est de 12 minutes en retirant la longue phase nocturne d'inactivité. Cette phase nocturne a duré 5 heures 30 de 23h45 le 7 juin à 5h15 le 8 juin. La dernière arrivée de la femelle dépasse le coucher du soleil de 49 minutes. Son départ le lendemain matin précède le lever du soleil de 35 minutes. La moyenne des périodes d'absence est d'une heure et demie. Le minimum est de 20 minutes avant la tombée de nuit et la plus longue période d'absence est celle qui suit la plus longue période de présence au nid. Elle se situe à l'aube, la femelle s'étant absentée pendant 203 min soit pendant plus de 3 heures ! A noter également deux périodes de plus de 2 heures d'absence à partir de 10h40 et à 14h43. Sur les 10 visites au nid, 9 ont été consacrées au nourrissage des jeunes. En dehors de l'inactivité nocturne, nous cumulons 110 minutes de présence au nid. Durant cette présence, la femelle a consacré 77 minutes au nourrissage des jeunes soit 70% de son temps de présence effective au nid. La durée moyenne de nourrissage est de 8,5 minutes.

La femelle a consacré autant de temps aux trois nourrissages de l'après midi (12,3 minutes en moyenne pour 3 séances) qu'aux six autres visites qui se répartissent en fin de journée et en matinée (6,6 minutes en moyenne pour 6 séances). A noter que la seule visite qui n'a pas fait l'objet de nourrissage est celle qui précède la longue phase nocturne : les jeunes n'ont donc pas été nourris avant le lendemain matin soit une période de disette de près de 10 heures 30 (22h30 à 8h57) ! Le dernier nourrissage s'est terminé à 22h30 et la femelle, bien qu'il faisait déjà sombre, s'est absentée pendant 20 minutes. Il est probable qu'elle ne se soit pas trop éloignée du nid. A son retour à 22h50, elle a passé 10 minutes à sa toilette puis a commencé à couvrir ses jeunes. Alors qu'elle couvait ses trois jeunes, des phases de toilettes se sont succédées jusqu'à 23h42. C'est à partir de ce moment que l'oiseau s'est véritablement endormi pour ne se réveiller qu'à 5h15 le lendemain matin.

Notons toutefois quelques brèves phases d'éveil vers le milieu de la nuit mais en aucun cas l'oiseau ne s'est déplacé de son nid sur cette période. Durant la nuit, les jeunes sont restés particulièrement inactifs sous la femelle. A son réveil, la femelle a passé 5 minutes à se toiletter avant de quitter le nid et de s'envoler, pour ne revenir que quelques heures plus tard.

Cette partie traitant du rythme d'activité du butor étoilé et des questions relatives à l'alimentation a fait l'objet d'un article publié dans la revue *Le Cormoran* en 2009 (voir annexe 7).

CHAPITRE 7 : DISCUSSION.

7.1 Dynamique de la population de butors étoilés.

7.1.1 Raisons évoquées pour la dynamique de la population en Europe.

La plupart des pays situés en périphérie du noyau central européen connaît un déclin de leur population de butors étoilés (Allemagne, France, Pays-Bas) (Kushlan & Hafner, 2000). Certaines baisses de population sont spectaculaires comme aux Pays-Bas, où l'espèce est passée de 500 mâles chanteurs en 1976 (Day, 1981) à 150-275 en 1989-1991. Le même phénomène a été observé en Angleterre, où l'espèce est passée de 70 mâles chanteurs en 1970 à 20 mâles chanteurs au début des années 90 (Tyler et al., 1998). Dans le même temps en revanche, d'autres pays ont vu leurs effectifs augmenter comme au Danemark, en Finlande ou en Estonie (Rocamora & Yeatman-Berthelot, 1999).

Localement, comme en Allemagne, les populations peuvent bénéficier d'importantes augmentations. Sur la zone humide de Schorfheide-Chorin, la population est passée de 8 mâles chanteurs en 1999 à 22 en 2002 (Koerner, 2002). Cette augmentation serait liée à des précipitations printanières importantes sur la zone. Cela conforte également l'idée que les aménagements hydrauliques sont importants, de même que la restauration de roselières et le contrôle du niveau des eaux (Koerner, 2002). De même, en Italie, alors que la population à la fin des années 80 était de 20-30 mâles chanteurs sur 20 sites, elle monte à 75-95 mâles chanteurs sur 35 sites en 1998. Cette augmentation s'explique en partie par la fermeture précoce de la chasse (au 31 janvier) anticipant l'installation des oiseaux nicheurs, par la restauration de zones humides ainsi que par la création de mares au sein des roselières (Puglisi, 1998). En France, en Camargue par exemple, le butor semble avoir retrouvé des effectifs importants sur l'ensemble de la région, après avoir été menacé de disparition dans certains secteurs. De 70 chanteurs en 1982-1985, la région totalisait ainsi 138 chanteurs en 1996 (Kayser et al., 1998). En Grande Camargue, l'effectif est passé de 28 à 45 mâles grâce à la baisse de la pression cynégétique sur l'espèce, grâce aussi à une série d'hivers doux consécutifs et peut-être également à un afflux d'oiseaux ayant re-colonisé des sites de reproduction autrefois utilisés.

D'une manière générale, les populations régressent avec la disparition des zones humides et une mauvaise gestion des niveaux d'eau (Bibby & Lunn, 1982; Tyler et al., 1998; Kushlan & Hafner, 2000). Les menaces citées le plus souvent dans la littérature semblent toujours d'actualité, avec notamment l'assèchement des marais par drainage ou le remblaiement (Rocamora & Yeatman-Berthelot, 1999 ; Duhautois, 1984), la disparition ou la diminution de surfaces de roselières, le boisement des roselières (Rocamora & Yeatman-Berthelot, 1999 ; Hawke & Josè, 1996), le faucardage trop fréquent, ainsi que les pollutions et les dérangements répétés (Duhautois, 1984). La dégradation des roselières dans le nord-ouest de l'Europe par l'intensification agricole, le reboisement spontané, l'aménagement des rivières et le drainage en milieu rural semble être un facteur de déclin majeur pour une espèce le plus souvent inféodée à cet habitat (Swinnen, 2002). Ainsi, en Petite Camargue, la destruction de 1200 hectares de roselière pour la culture de maïs a été accompagnée d'une

diminution de la population de butors (Voisin, 1978). La dégradation et la disparition des roselières semblent être ce qui atteint le plus sûrement le butor.

Concernant les surfaces des roselières en Europe, nous constatons que celles-ci ont décliné depuis les 20 dernières années (Ostendorp, 1989), ce qui correspond approximativement à la période du déclin du butor (baisse de 20 à 50 % de ses effectifs depuis les années 70). Par ailleurs, la régression des populations de butors est aussi expliquée par le développement de la coupe des roseaux, mais pas de manière systématique. En effet, certaines populations voient leur effectif chuter alors que la pression de coupe n'augmente pas et parfois, des oiseaux peuvent nicher en zone coupée (Osieck & Hustings, 1994).

Des conditions climatiques peuvent également décimer des populations. Ainsi, la population de quelques pays d'Europe (Suède, Danemark, Pays-Bas) a décliné de 30 à 50 % suite à l'hiver rigoureux de 1978-1979 (Day, 1981), phénomène auquel les butors sont très sensibles (Day & Wilson, 1978; Day, 1981; Bibby, 1981). Une étude du taux de survie des mâles adultes nicheurs de butor entre 1990 et 2000 montre que les précipitations faibles au printemps ont des effets négatifs sur la survie des oiseaux après la saison d'hivernage (Gilbert et al., 2002).

Les raisons du déclin de certaines populations en Europe restent donc assez mal connues et celui observé entre 1955 et 1990 est trop général pour pouvoir être expliqué par des facteurs locaux (Duhautois & Marion *in* Rocamora & Yeatman-Berthelot, 1999). Pour ces auteurs, le facteur primordial du déclin de l'espèce est celui des conditions météorologiques.

7.1.2 Dynamique de la population en France et croissance de la population en estuaire de Seine.

En France, les évolutions d'effectifs sont variables d'un site à l'autre. Plusieurs régions voient leur population régresser : les baisses les plus spectaculaires sont notées au sein de quatre régions (253 chanteurs en 1970 et 60 en 2000) : Flandre Artois (-90 %), Picardie (-82 %), Nord-Est (-35 %), Centre Est (-78 %) (Cramm & Rufay, 2002). L'espèce a pratiquement disparu de Sologne et de Rhône-Alpes (Cramm, 2002). Certaines populations progressent comme en Camargue (cf. § précédant) (Kayser et al., 1998). De même, dans l'estuaire de la Seine, la population minimale de mâles chanteurs est passée de 14 chanteurs en 1999 à 24 en 2001 (Morel, 2001). Aujourd'hui, la France abriterait environ un quart des 1500 couples de l'Union européenne. L'essentiel des effectifs serait contenu dans 44 Z.I.C.O. (Rocamora & Yeatman-Berthelot, 1999).

L'estuaire de la Seine a connu une progression importante et récente de sa population de butors : elle est passée de 1-5 mâles dans les années 90 à une vingtaine après 2001, avec une progression particulièrement importante à la fin des années 90 (14 en 1999 à 24 en 2001 : Morel, 2001). En 1996 et 1997, il est probable que la création de diguettes et l'installation d'ouvrages hydrauliques permettant d'inonder une partie de la roselière aient été bénéfiques à l'essor de la population. De plus, à partir de l'année 2000, le plan de gestion de la réserve naturelle fixe des hauteurs d'eau (via un cahier des charges) permettant aux marais de ne plus être asséchés comme par le passé au profit de la profession agricole. En 1975, le schorre, colonisé rapidement par la roselière, n'est que de 632 hectares et en 1987, il occupe déjà une surface de près de 1200 hectares contre 1320 en 2000 (Lesueur & Lesourd, 1999; Maison de l'estuaire, 2000). La population croît rapidement alors que la surface en roselière est stable depuis plusieurs années. La seule progression de la roselière n'explique donc pas l'augmentation de cette population.

Nous supposons que la modification dans la gestion de l'hydraulique a pu être déterminante pour la progression de la population du butor étoilé. Par le passé, cette gestion était anarchique ; elle a très certainement empêché les effectifs de se développer. La mise en place d'un cahier des charges hydraulique en 2000 est probablement devenu un facteur favorable à l'essor de la population estuarienne. En effet, les cotes hydrauliques permettent de conserver des niveaux d'eau plus importants dans les roselières au printemps, lieu d'accueil du butor étoilé.

Par ailleurs, les autres mesures instaurées dès 2000, inscrites dans des cahiers des charges et visant à laisser des surfaces non coupées (avec la limitation de la coupe à 30 mètres autour des mares), ont probablement également été bénéfiques à l'espèce. L'ensemble de ces facteurs, associés à une bonne reproduction de l'espèce expliquerait l'essor considérable de la population en quelques années. Notons également que la population s'est éclatée au sein de l'estuaire, au point de coloniser des surfaces en roselière souvent réduites et inférieures à 30 hectares.

Sur l'estuaire de la Seine, la population semble stable depuis 2001. Cet estuaire est un site de haute importance pour la préservation de l'espèce avec 7 à 8 % de l'effectif national et près de 2 % de l'effectif de

l'Union européenne. Le maintien de cette population est aujourd'hui un enjeu national, qui doit s'inscrire, à travers la gestion des milieux, dans un réseau de sites protégés en périphérie qui pourront à leur tour accueillir l'espèce.

7.1.3 Fidélité des butors à leur site de reproduction et migration.

Les suivis de la population de butors dans l'estuaire de la Seine nous montrent que les mêmes territoires sont occupés chaque année. Deux oiseaux équipés ont été suivis au cours d'un printemps. Ils ont migré à la fin de l'été et un des deux est revenu sur son territoire l'année suivante. L'étude des territoires de chant en 2002 et les suivis télémétriques effectués en 2004 montrent également une certaine similitude dans les territoires occupés par les mâles (agora et T1 ainsi que R4 et anova04/anova05 avec des territoires semblables).

Les études menées en Angleterre comme en Italie ont également montré la fidélité des mâles à leur territoire (Puglisi et al., 2003; Gilbert et al., in. prep.). En Italie, un autre mâle équipé en saison post-reproduction a occupé un territoire identique deux années de suite (Puglisi et al., 2003). En Angleterre, un mâle étudié en saison de reproduction, mort durant l'hiver, a été remplacé par un autre mâle qui occupait 85 % du territoire du mâle précédent (Gilbert et al., 2002). Deux autres ont occupé un territoire de nidification d'une année sur l'autre avec une fidélité de 63,7 % et 74,5 % à leur territoire de nidification. Par ailleurs, une étude acoustique des chants a montré une grande fidélité des oiseaux à leur territoire de chant d'une année sur l'autre (Gilbert et al., 2002). Toujours en Angleterre, une femelle, étudiée et suivie entre 1997 et 2001, a niché au même endroit pendant plusieurs années. La plus petite distance inter-annuelle entre la position des nids était de 4 à 5 mètres (Gilbert et al., in. prep.).

En Pologne, un cas de fidélité de femelle est signalé sur un étang tandis qu'une autre s'est déplacée d'une année sur l'autre de 40,7 km (Polak, in press). En Italie, la fidélité est liée à la structure et la densité de végétation. Quatre oiseaux équipés d'émetteur durant différentes années sont venus nicher au même endroit (Puglisi et al., 2003). Adultes, les femelles sont donc probablement aussi fidèles que les mâles chanteurs (Puglisi et al., 2003).

En estuaire de Seine, les jeunes oiseaux n'ont pas été contactés l'année suivante de leur capture. Mais deux d'entre eux ont été contrôlés en dehors de l'estuaire (Bretagne et Royaume-Uni), confirmant l'existence d'une dispersion post-juvénile. En Angleterre, les jeunes se dispersent durant leur premier hiver. 10 % retournent sur leur lieu de naissance (n=178), 15 % sont localisés ailleurs, les autres individus n'étant pas recontactés (Gilbert et al., in. prep.). En Italie, ils se dispersent depuis leur lieu de naissance mais leurs mouvements ne sont pas connus. Il n'y a pas de contrôle ni de reprise de bague en dehors des sites de naissance (Puglisi et al., 2003).

Le butor étoilé semble par ailleurs effectuer d'importants mouvements migratoires. Une récente étude menée en Italie (Puglisi & Baldaccini, 2000) rappelle l'importance des marais pour la migration printanière de quelques centaines de migrateurs. Le mois de mars et les

premiers jours d'avril comptabilisent les soirées de migration les plus importantes avec plus de 5 oiseaux par soirée (Puglisi & Baldaccini, 2000) et parfois jusqu'à plus de 30. Nos données démontrent également le rôle de certains sites français comme halte migratoire. Les 213 oiseaux en transit migratoire en Camargue et en estuaire de Seine en 2003 et 2004 confirment le caractère migrateur de l'oiseau et l'importance de ces sites.

Différents auteurs citent le caractère migrateur de l'espèce, qui pourrait même passer l'hiver en Afrique sub-saharienne (Moreau, 1972; Brown et al., 1982). Les populations de l'ouest et du sud de l'Europe sont en revanche sédentaires. Celles d'Europe centrale et de Scandinavie sont migratrices partielles, enfin celles du nord-est de l'Europe sont migratrices (Dement'ev & Gladkov, 1951; Cramps & Simmons, 1977; Broberg, 1986). En Angleterre, 8 données concernent des oiseaux étrangers et aucune ne fait mention de contrôles concernant les oiseaux anglais ou irlandais (Toms & Clark, 1998). Le pic d'observation se situe en janvier (Bibby, 1981) et les données d'oiseaux provenant des Pays-Bas, de Belgique, de Suède et d'Allemagne sont consécutives à des hivers rigoureux (Toms & Clark, 1998). En Italie, il existe de nombreuses données qui confirment que les butors hivernant dans ce pays proviennent d'Europe du nord et d'Europe centrale (contrôles d'Allemagne, Pologne, Hongrie, Suède, Finlande, Lituanie).

Au vu de nos résultats, plusieurs centaines de butors utiliseraient les deux sites suivis au printemps. Ce résultat est conforme à celui obtenu sur deux sites côtiers d'Italie centrale de 800 à 1500 hectares, avec 100 et 400 oiseaux chaque printemps (Puglisi & Baldaccini, 2000).

Comme nous avons pu le mettre en évidence, le site de l'estuaire de la Seine est aussi une zone de halte migratoire pour des populations septentrionales, inscrivant l'estuaire au sein d'une vaste aire biogéographique. Si la population nicheuse a augmenté de façon considérable, on ne peut exclure que la position géographique stratégique de l'estuaire et la présence d'un «pool» important de migrants au printemps y ait contribué.

7.2 Le suivi des populations de butors étoilés.

7.2.1 Le chant comme indice de suivi des populations.

L'étude des populations de butors est basée sur l'étude des mâles et leur localisation. Il s'agit du seul indice régulier et fiable pour suivre une population (Bibby et al., 1992).

Dans la mesure où le mâle est polygame, nous ne faisons donc référence qu'à des mâles chanteurs et non à une population nicheuse (Kayser et al., 1998). Du point de vue de la biologie de reproduction, l'espèce est assez singulière au sein de la grande famille des hérons. En effet, seule la femelle s'occupe de la construction du nid et de l'élevage des jeunes, indiquant que la dynamique locale d'une population repose exclusivement (ou presque) sur les femelles. Dès lors, il aurait été plus logique de pouvoir suivre les femelles, c'est-à-dire suivre, les nids. Toutefois, cet indice ne doit être utilisé que dans des programmes de recherche : la prospection en roselière est une opération délicate, coûteuse

en temps et interdite conformément à la Loi de 1976 sur la protection de la nature (espèce protégée au niveau national).

La question se pose donc de savoir dans quelle mesure exactement le nombre et la localisation des mâles nous renseignent sur la dynamique d'une population de butors, le nombre de femelles, la localisation de leurs nids et éventuellement leur succès de reproduction.

7.2.2 Localisation des mâles et localisation des nids.

Nos résultats indiquent que les nids se situent pour la plupart dans les domaines vitaux et les territoires de chant des mâles. La proximité des nids avec les sites de chant avait déjà été soulignée (Adamo et al., 2004; Gauckler & Kraus, 1965).

En Angleterre, 27 nids sur 50 se trouvent à proximité d'un territoire de mâle et le restant, à une moyenne de 130 mètres du territoire (Gilbert et al., in. prep.). 50 nids sur 55 se trouvent au cœur des territoires de chant en Pologne (Polak, in press), 9 sur 10 en Italie avec le 10^{ème} à moins de 100m (Adamo et al., 2004). En estuaire de Seine, 8 nids sur 10 trouvés en 2002 et 2004 se trouvent au cœur des territoires de mâles (Provost et al., 2004). Avec les dernières données acquises dans l'estuaire de Seine, nous obtenons un bilan de 11 nids sur 13 situés sur les territoires des mâles. La distance moyenne entre le nid et le poste de chant serait de 60 à 70 mètres mais dépasserait parfois 500 mètres (Géroutet, 1978). Le butor étant connu pour être polygame, le domaine vital du mâle peut contenir de 2 à 5 nids (Gauckler & Kraus, 1965). La distance minimale entre deux nids occupés est de 19 mètres en Angleterre (Gilbert et al., in. prep.), 39 mètres en estuaire de Seine (Bretagnolle & Puglisi, 2002) et de 5 mètres en Pologne (Polak, in press). Toutefois, des mâles chanteurs peuvent ne pas avoir de femelles.

Il existe donc un lien spatial important entre la localisation d'un mâle et la localisation probable d'une femelle et d'un nid. Sur le plan de la gestion conservatoire, la présence d'un mâle peut donc servir d'indice pour gérer les habitats de reproduction de l'espèce. En effet, même si tout mâle n'indique pas forcément la présence d'un nid, un nid se situe presque toujours à proximité d'un mâle. Cependant, si, sur le plan spatial, ces conclusions sont encourageantes, on peut néanmoins se demander si les paramètres d'habitats recherchés pour les mâles le sont aussi pour les femelles.

7.3 Sélectivité des mâles et des femelles pour la phragmitaie.

7.3.1 La phragmitaie, habitat préférentiel.

Le butor étoilé ne se répartit pas au hasard au sein de l'estuaire. Si nous prenons en compte l'ensemble des unités écologiques de l'estuaire, nous constatons que les mâles et les femelles se répartissent surtout au sein des roselières humides. Ils semblent s'écarter des milieux prairiaux et également des « zones indisponibles » (notamment boisements et infrastructures routières). Cependant, chez les mâles, nous notons d'importantes différences, avec de 0 à 41% de prairies au sein d'un territoire. Les femelles ont une tolérance plus importante vis-à-vis des

zones indisponibles que les mâles, ce qui suggère que les mâles se situent le plus souvent au cœur des habitats naturel tels que les grands massifs de roselières dans le cas où il n'y a pas de milieux prairiaux disponibles. Toutefois les femelles ne tolèrent ces zones qu'au delà de 100 mètres de leur nid. De même, en Angleterre, les nids sont placés de façon significative dans les zones où il y a moins de saules (Gilbert et al., in. prep.). L'étude du territoire des mâles montre également que les zones indisponibles se situent en moyenne sur la marge de leur territoire.

En nous intéressant plus finement aux zones disponibles pour chacun des sexes entre les années 2000 et 2005, nous notons que les mâles comme les femelles recherchent de façon préférentielle les roselières humides. Ceci est d'autant plus marqué que nous nous situons à proximité du poste de chant ou du nid. Nos données rejoignent l'avis de nombreux auteurs qui s'accordent à dire que l'espèce est inféodée aux roselières humides entrecoupées de canaux et de zones en eau libre (mares, étangs) qui servent de lieu d'alimentation (Voisin, 1991, Hagemeyer & Blair, 1997; Rocamora & Yeatman-Berthelot, 1999; Yeatman-Berthelot & Jarry, 1994; Cramps & Simmons, 1977; Bibby & Lunn, 1982).

L'espèce niche aussi dans les typhaies (Gauckler & Kraus, 1965; Hagemeyer & Blair, 1997), les scirpaies (Hagemeyer & Blair, 1997; Bretagnolle & Demongin, 2005) et même dans les rizières (Alessandria et al., 2003), milieux peu représentés sur notre site.

Aucune donnée, même historique, ne mentionne d'autres milieux de nidification pour le butor étoilé en estuaire de Seine. Ailleurs pourtant, au sein des marais du Cotentin et du Bessin (département de la Manche), les oiseaux nichent dans des prairies marécageuses hygrophiles composées de glycérie flottante, de grande glycérie, de baldingère, de fléole des prés et de carex (*Carex disticha*) (Purenne, 2004).

Ainsi, dans l'estuaire de la Seine, les oiseaux fréquentent de façon très majoritaire un seul et unique habitat : la roselière humide ou phragmitaie humide. Cet habitat est donc essentiel pour la conservation de l'espèce sur ce site. L'eau « surfacique » (mare, étang) n'est pas sélectionnée, mais nous verrons ultérieurement que l'eau « linéaire » l'est (canaux).

7.3.2 Types de phagmitaies sélectionnées.

7.3.2.1 La coupe de la roselière.

Pour rappel, dans l'estuaire de la Seine, chaque année, 30 à 40 % de la roselière est coupée avec une importante proportion en roselière humide. Celle-ci varie peu durant les quatre années où nous avons cartographié précisément ces superficies (73 à 86%).

Bien que la prospection soit majoritairement réalisée en roselière non coupée (60%), la localisation des nids indique clairement que les femelles excluent les zones de coupe. La coupe ne semble être tolérée qu'au delà de 100 mètres du nid. Cependant, la distribution des nids sur le site du charnier Scamandre (Camargue) suggère un résultat différent : les femelles sont tolérantes vis à vis de la coupe. Nous pensons que cela est dû au décalage de croissance de la roselière qui est plus précoce dans le sud de la France, et permet un couvert végétal suffisant au moment de la

reproduction (Provost et al., 2004; Bretagnolle & Demongin, 2005). En revanche, une étude plus récente précise que les densités de nids de butor en zones non coupées sont cinq fois supérieures aux zones coupées en Camargue (Poulin, 2006). Il faut néanmoins tenir compte que ce résultat provient d'un faible échantillon issu d'une étude expérimentale.

Les mâles semblent moins sélectifs vis à vis de ce paramètre, puisqu'au delà de 300 mètres, la proportion de zone coupée est identique, voire supérieure, dans les domaines vitaux et le site global. Si nous analysons le cas des 8 individus suivis par télémétrie et chant, nous notons en moyenne 37 % de roseaux coupés et 36 % de non coupés au sein du territoire. Cependant, nous constatons une forte variation individuelle. En effet, la roselière coupée peut présenter de 0 à 86 % d'un territoire. En Camargue et tout particulièrement sur le site du charnier Scamandre, presque 60 % des localisations de mâles le furent sur des zones de roselières coupées l'hiver précédent (Poulin et al., 2005).

Lorsqu'elle est fauchée, la roselière possède une faible litière. Or en Angleterre, la présence du gardon en roselière (espèce proie du butor) dépend d'une litière peu importante (Noble et al., 2004), ce qui suggère que les ressources alimentaires potentielles sont les plus importantes dans des roselières jeunes et que les mâles les sélectionnent tout particulièrement. En revanche, en Pologne, le maintien de surfaces non coupées dans les zones fréquentées par le butor étoilé est essentiel en saison de nidification (Polak, in prep.).

7.3.2.2 L'âge des roselières.

L'étude de l'âge des roselières a montré que celles occupées par les femelles ont au minimum 4 ans (dans 60 % des cas). Les zones présentant une fréquence de coupe importante (4 années) sont écartées alors que les roselières n'ayant jamais été coupées ou coupées une année sur quatre semblent être recherchées. Le choix des femelles se porterait donc sur des roselières de 3 et 4 ans, voir plus. Au Danemark, le butor étoilé préfère les roselières d'âge intermédiaire, de 4 à 16 années (Kristiansen, 1998b).

En revanche, en Pologne, les femelles de butor fréquentent peu les vieux massifs de roseaux avec une litière abondante, en raison des difficultés à se déplacer (Polak, in prep.). En Italie, les mâles sélectionnent largement les jeunes roselières de 1 à 3 ans, du fait probablement de leur faible densité (Puglisi et al., 2005). Une jeune roselière moins dense est plus fréquentée par le butor mâle en raison de la plus grande disponibilité des proies et d'une plus grande facilité de déplacement tout en restant à couvert (Puglisi et al., 2005). Ainsi en Italie, la seule variable significative sur la localisation des mâles est l'âge des roselières.

Selon les pays, la comparaison entre mâles et femelles est donc assez contrastée vis à vis du paramètre « coupe » et de l'âge des roselières.

7.3.2.3 La hauteur des roseaux.

En 2004, des règles graduées tous les 10 cm ont été installées dans les roselières de l'estuaire de la Seine (n=12), de la Matte (n=5), du Charnier-Scamandre (n=10) et du Vigueirat (n=5) afin de pouvoir calculer

la vitesse de croissance des roseaux. Les mesures permettent d'estimer la hauteur des roseaux verts à tout moment, et particulièrement lors de la ponte, de l'éclosion et lorsque les poussins ont deux semaines (Bretagnolle & Demongin, 2005).

Les résultats montrent que les trois sites du littoral méditerranéen sont relativement bien groupés (vitesse de croissance égale) mais l'estuaire de la Seine montre un retard constant de l'ordre de 3 à 4 semaines par rapport aux sites méridionaux. Nos relevés montrent bien par ailleurs que les roselières de l'estuaire de la Seine sont plus hautes que celles du sud de la France. En zone de non coupe, la différence peut atteindre 1 m et en zone de coupe, 41 cm. A partir de ces résultats, la hauteur des roseaux verts a pu être calculée en France. Elle est en moyenne, à la ponte, de 86 cm \pm 43.7 cm (n=47) et de 154 cm \pm 37.2 (n=47) à l'éclosion (Bretagnolle & Demongin, 2005). Bien que la pousse des roseaux soit tardive dans l'estuaire de la Seine, les hauteurs au nid sélectionnées par les femelles ne sont pas inférieures à celles observées en Camargue. Les femelles choisissent ainsi des roseaux verts d'une hauteur particulière lorsqu'elles commencent à pondre (Bretagnolle & Demongin, 2005).

Contrairement à ceux situés dans le sud de la France, nos résultats indiquent que les oiseaux de l'estuaire de la Seine se montrent extrêmement sélectifs vis à vis de ce paramètre. En effet, les hauteurs de roseaux en estuaire de Seine sur les zones non coupées (majorité des nids) sont significativement plus importantes aux nids que sur les points témoins. Nous constatons une tendance à la diminution des hauteurs au fur et à mesure de l'éloignement du nid sur les zones de non coupe. Ainsi, la femelle adopte un comportement sélectif vis à vis de la hauteur de la roselière qui est variable selon la phénologie de croissance (différence en fonction de la latitude).

La hauteur des roseaux est donc un paramètre important au moins pour les populations septentrionales. C'est aussi le cas en Angleterre et aux Pays-Bas. En Angleterre, le faible couvert végétal ne permet pas aux butors de s'alimenter et de nicher (Bibby & Lunn, 1982; Tyler, 1992; Ward, 1992; Hawke & Josè, 1996). De même aux Pays-Bas, la hauteur des roseaux est considérée comme un facteur déterminant et favorable pour que le butor puisse les utiliser comme perchoir et pour installer son nid (De Kroon, 2001). En revanche, dans le sud de la France, nous n'avons pas noté de sélection particulière de la hauteur des roseaux. En Italie, dans des conditions de nidification particulières, la hauteur de la végétation toutefois peut avoir une influence. En effet, les nichées dans les rizières peuvent être décalées d'un mois à 40 jours par rapport aux sites naturels en raison de la hauteur de la végétation (Langoni et al., 2005; Bretagnolle & Puglisi, 2002). Sur ces sites, les oiseaux peuvent nicher dans une hauteur de végétation inférieure à 2 mètres (Puglisi, 2002).

Concernant les mâles en revanche, la hauteur des roseaux ne semble pas un facteur déterminant (Poulin et al., 2005). Pourtant, une étude sur l'avifaune des roselières dans les marais du Vigueirat montre que les butors (9 en 1991) chantent surtout dans une roselière dite « homogène » et en équilibre, sur des massifs de grande superficie et présentant des hauteurs (moy 148 cm) de roseaux supérieures à la moyenne (Hecker, 1991).

7.3.2.4 La densité des roseaux.

En France, de manière générale, les femelles sélectionnent les roselières les plus denses pour construire leur nid, avec une moyenne de 272 tiges par m² contre 188 par m² pour les points témoins (Provost et al., 2004). En Italie, la découverte de 6 nids dans une scirpaie à *Schoenoplectus lacustris* a montré que les femelles sélectionnaient également les zones les plus denses (Adamo et al., 2004). Au sein des populations de Pologne, les femelles recherchent également des densités importantes en roseaux secs à proximité du nid, probablement pour minimiser la détection par les prédateurs (Polak, in prep.). Cela confirme le postulat selon lequel les nids sont construits dans les parties denses où une quantité importante de matériaux est disponible (Géroudet, 1978).

Cependant, de fortes disparités existent entre nord et sud de la France. Dans l'estuaire de la Seine, nous n'avons pas de sélection sur la densité des roseaux. En revanche, dans le sud de la France, les femelles sélectionnent les zones avec la plus forte densité en roseaux à proximité du nid. Cette densité décroît avec l'éloignement du nid. Ceci est probablement lié au fait que les roselières sont beaucoup moins denses au sud que dans le nord de la France (entre 64 et 84 tiges de plus par m² dans l'estuaire de la Seine). Notons également que les densités en roseaux verts au sein des valeurs témoins et en zones faucardées sont très différentes entre les deux régions d'étude (supérieures en moyenne de 100 tiges par m² pour le site nordique).

La densité des roseaux est liée à celle des pousses de l'année et à celle des roseaux secs des années précédentes. En zone non coupée, nous n'avons pas de sélection particulière de la densité en roseaux verts aussi bien en estuaire de Seine qu'en Camargue. Pour ce dernier site, la densité en roseaux secs serait un facteur déterminant pour les femelles dans les zones non coupées. C'est effectivement le cas puisque nous avons une sélection significative des densités en roseaux secs à proximité du nid. En zone non coupée et dans le sud de la France, la femelle de butor recherche donc des densités plus élevées pour construire son nid ; cette densité est directement liée à celle en roseaux secs. Par contre, en roselière coupée et dans le sud de la France, les femelles sélectionnent de manière significative, les roselières avec des densités importantes en roseaux verts.

Nous pouvons ainsi conclure à une nette différence de sélection de densité entre l'estuaire de la Seine et le sud de la France, au moins pour les femelles. Faut-il de densité suffisante, les femelles du sud recherchent des densités plus élevées en roseaux verts dans le cas de zone coupée, et des densités plus élevées en roseaux secs dans le cas de zone non coupée. En estuaire de Seine, la densité peut permettre à l'espèce de nicher en zone coupée mais la hauteur est un facteur limitant pour son installation.

Nous n'avons pas de donnée précise concernant les mâles sur le site mais leur présence en zone coupée (donc moins dense) suggère que les mâles ne sélectionnent pas de densité particulière. En Camargue, les mâles ont besoin de zones de roselières relativement clairsemées, avec la présence de tiges sèches, où croissent d'autres végétaux en eau peu profonde et claire (Poulin et al., 2005). Cela signifie, en d'autres termes, que les oiseaux ne se situent pas exclusivement dans les zones faucardées.

Ces données viennent confirmer les constats de Puglisi et al (2005) qui mentionnent que les butors se déplacent dans des zones moyennement denses parmi les roseaux verts pour se diriger vers les sites d'alimentation, au lieu de rechercher les zones les plus denses. La présence du gardon en roselière, espèce proie du butor, dépend d'ailleurs d'une densité faible de roseaux (optimum de 50-100 tiges par m²) (Noble et al., 2004).

La gestion a une répercussion directe sur la densité des tiges. Il y a en effet une corrélation entre l'âge et la densité des macrophytes dominées par le roseau. En Italie, la densité de tiges vertes et sèches augmentent avec l'âge des roselières (Puglisi et al., 2005). Par conséquent, dans le cas des roselières non coupées dans le sud, le mâle de butor étoilé s'installe probablement dans des roselières assez jeunes. Ce comportement est encouragé par l'activité de la coupe du roseau : elle favorise une densité de tiges plus faible et une minéralisation importante des roselières (pas d'accumulation de litière rendant le déplacement plus difficile) (Poulin et al., 2005). Les mâles recherchent de préférence des zones de roselières avec des roseaux secs mais des densités moyennes assez peu importantes. Ce genre d'habitat est le reflet d'une gestion assez fréquente par la coupe. D'ailleurs, une expérimentation sur la conservation d'îlots non fauchés sur les emplacements de nid et de chanteurs a montré l'importance des roselières jeunes (âge : 1 an) en Camargue (Poulin et al., 2005).

7.3.2.5 Le diamètre des roseaux verts.

En roselière non coupée, les femelles sélectionnent des diamètres importants en estuaire de Seine, et inversement pour le sud de la France. Nous notons que les valeurs en estuaire de Seine régressent légèrement avec l'éloignement du nid. Ce qui confirme la sélection des roseaux les plus épais pour la nidification. Cependant, l'échantillon en zone aléatoire est très faible pour cette variable : 2 relevés témoins contre 16 aux nids.

A l'inverse, dans le sud de la France, les femelles s'installent sur les roselières où les diamètres sont les plus faibles et ce dans un rayon de 40 mètres. Le nombre de relevés est relativement important : 14 aux nids et 12 témoins. En Camargue, en raison notamment de la salinité, le roseau est plus fin que la moyenne en Europe (Poulin et al., 2005). Ce résultat est donc surprenant. On trouve des roseaux verts de 4,6 mm en moyenne contre 4,1 mm en roselière non coupée (Poulin & Lefebvre, 2002) alors que la coupe hivernale est censée diminuer le diamètre des roseaux (Cowie et al., 1992; Ostendorp, 1999). Toujours sur ce site, les diamètres des roseaux secs n'ont pas d'influence sur la population des mâles (Poulin et al., 2005). Dans l'estuaire de la Seine, nous notons très peu de variations de diamètre entre la roselière non coupée (moyenne de 4,74) et coupée (moyenne 4,67).

Les données du sud de la France nous indiquent que les femelles semblent bien sélectionner les roseaux fins en zone non coupée. D'autres données mériteraient de préciser le lien entre les butors étoilés et les diamètres de roseaux, mais aucune autre étude n'a à ce jour montré de lien entre diamètre et présence des butors. Cette variable ne doit pas être particulièrement discriminante pour l'installation des butors étoilés.

7.4 Sélectivité des mâles et des femelles pour l'eau.

7.4.1 Hauteur d'eau et topographie.

Les hauteurs d'eau obtenues lors du programme LIFE semblent variables en France. Elles sont en moyenne de 19 cm à la ponte et de 15 cm lorsque les poussins ont 15 jours (Bretagnolle & Demongin, 2005). En revanche, dans l'estuaire de la Seine, les femelles s'installent sur les terrains les plus bas topographiquement, ce qui suggère qu'elles recherchent les zones les plus humides. Sur ce site, les niveaux sont variables d'une année sur l'autre et particulièrement fluctuants entre la ponte et l'émancipation des jeunes. Les données issues des autres pays montrent que la hauteur d'eau en période de nidification est supérieure ou au moins égale à 20 centimètres.

En Angleterre, les nids se trouvent en moyenne dans 22 cm d'eau à la ponte du premier œuf. La hauteur totale des nids constitués est corrélée positivement avec la hauteur de l'eau (Gilbert et al., in. prep.). Ces zones sont caractérisées par des zones profondes maintenues en eau au cours de la saison de nidification. Il est probable que les femelles de butors sélectionnent ces zones en fonction de plantes indicatrices de ces conditions hydriques (Gilbert et al., in. prep.). En Pologne, les nids se trouvent dans les marais avec une hauteur d'eau moyenne comprise entre 20 et 60 cm (Polak, in. prep.). Le maintien d'un niveau d'eau haut et stable y apparaît crucial pour les butors reproducteurs (Polak, in. prep.).

Nous n'avons pas de donnée sur les hauteurs d'eau pour les mâles en estuaire de Seine. En Angleterre, ils sélectionnent chaque année et sur chaque site, les zones les plus profondes pour s'alimenter (Gilbert et al., 2003). Ceci doit être lié au fait que la densité en gardon, espèce proie en Angleterre, augmente avec la profondeur d'eau, notamment au delà de 60 cm (Noble et al., 2004). Ces résultats rejoignent ceux d'Italie où l'habitat de vie des mâles, constitué de roselières ou scirpes, présente 60 cm à 160 cm d'eau. Mais en général, les mâles occupent préférentiellement les zones en eau, moyennement profondes et inférieures à 1 mètre, où les densités de proies sont plus importantes et leur accessibilité plus aisée (Puglisi et al., 2005).

Tout comme les femelles, il semble que les mâles fréquentent des roselières présentant environ 20 centimètres d'eau. En Angleterre, huit mâles équipés d'émetteur étaient particulièrement actifs dans les roselières avec 20 cm d'eau (Gilbert et al., in. prep.). Ces résultats diffèrent peu de ceux de Camargue où les mâles de butor évitent les zones sèches ainsi que les zones les plus inondées, sélectionnant les hauteurs d'eau comprises entre 10 et 15 cm (Poulin et al., 2005). Une gestion expérimentale avec une hausse de 5 cm des hauteurs d'eau entre 2001 et 2002 sur trois casiers hydrauliques a eu comme effet une augmentation significative du nombre de mâles chanteurs, passant de 6 à 18 mâles chanteurs (Poulin et al., 2005). A noter par ailleurs, que le butor recherche des zones en eau avec une faible salinité (Poulin et al., 2005).

7.4.2 Rapport à l'eau libre, les lisières et les éclaircies.

A petite échelle, les milieux aquatiques sont évités sur les zones proches du poste de chant (dans les 50 mètres) puis sont distribués de la même façon que sur la zone disponible. La moyenne pour un territoire de mâle est de 12,25 % de surface en eau libre. Cependant, nous pouvons souligner des variations individuelles importantes selon les mâles : de 0,3 à 44 % de milieu aquatique par territoire. Nous remarquons par ailleurs que les postes de chant ne se trouvent pas à proximité immédiate des zones en eau libre. Seule la tranche située entre 20 et 60 mètres semble légèrement sélectionnée par ces mâles. Ces résultats à peine significatifs ne sont pas contradictoires avec les résultats précédents et concordent avec la littérature. En effet, en Italie, parmi les trois variables expliquant la localisation des mâles en roselière, les zones en eau libre ont un effet négatif (Puglisi et al., 2005). De même, les mâles en Camargue n'ont pas non plus tendance à privilégier la proximité des zones en eau libre (Poulin et al., 2005).

D'autres études soulignent en revanche l'importance des lisières des roselières. En Angleterre, le territoire du mâle est constitué en moyenne de 48 % de lisières de roselière (bande de 30m de l'eau libre) (Gilbert et al., 2003) ; et 88 % des points de télémétrie en période d'activité ont été localisés dans cette lisière. En Allemagne, la longueur de lisières pour un mâle à l'eau libre ou aux prairies est de 1,6 à 3,2 km (Van der Hut, 2001). Ces données nous permettent de dire que les mâles vivent dans un territoire présentant une large part de lisières mais que les zones d'eau libre ne sont pas pour autant un facteur déterminant. Comme le montrent nos résultats, les mâles s'installent au sein de grands massifs de roselière, loin des zones indisponibles et à distance non immédiate des zones en eau libre.

Pour les femelles, il faut compter une distance de 200 mètres pour qu'elles tolèrent autant de milieux aquatiques que la proportion calculée sur la zone disponible des femelles. Cependant, même si cette proportion de milieux aquatiques est plus faible que sur cette zone disponible, les oiseaux recherchent malgré tout des zones en eau libre à une distance particulière et proche du nid. Les nids sont en effet situés de façon très significative à moins de 80 mètres d'une zone en eau libre. Dans notre étude, ces zones sont composées le plus souvent de mares ou creux d'alimentation. La femelle sélectionne tout particulièrement la zone entre 40 et 80 mètres (40.5 % des valeurs). En Angleterre, les nids se trouvent en moyenne à 70 m des zones en eau libre et à 30 m des creux (Gilbert et al., in. prep.). De plus, la longueur de la lisière proche des zones en eau libre est significativement plus importante pour les femelles que sur les points aléatoires. En Pologne, les femelles sélectionnent également la lisière des roselières et les nids se trouvent en moyenne dans les 30 mètres d'une zone en eau libre (Polak, in prep.).

Les zones en eau libre sont vitales pour les femelles, en particulier lors des périodes de nourrissage, comme pour les mâles. Les butors pêchent en effet à l'affût (Percy, 1951; Lundevall, 1953; Géroudet, 1978; Voisin, 1991; Puglisi, 1998) avec une démarche lente permettant la prospection intensive d'une zone restreinte (Puglisi, 1998). La lisière des étangs et les creux sont les milieux les plus importants pour l'alimentation des butors,

caractéristique sans doute liée à la disponibilité alimentaire (Noble et al., 2004). La présence de plans d'eau et de canaux multipliant les lisières, aide le butor pour son alimentation (Duhautois & Marion in (Rocamora & Yeatman-Berthelot, 1999).

De même, la présence d'une zone d'alimentation à proximité du nid est très importante durant la période d'incubation et le début d'élevage des jeunes (Polak, in prep.). Il est ainsi fait mention d'une femelle équipée d'un émetteur qui s'alimentait essentiellement dans les 50 m du nid (Puglisi et al., 2003). Les femelles peuvent même s'alimenter à partir du nid (Cramps & Simmons, 1977; Voisin, 1991; Adamo et al., 2004). Ce comportement est aussi constaté par les photographes en estuaire de Seine (P.Sabine et F.Deschandol, comm.pers.). A l'inverse, un défaut de ressource alimentaire à proximité du nid peut conduire la femelle à s'absenter durablement de son nid, comme l'a confirmé notre observation du rythme d'activité (cf. §6.6).

Notre étude nous a permis également de traiter des zones d'éclaircies (faibles densités de roseaux) à proximité des nids. Dans le sud de la France, les femelles semblent contre-sélectionner ces zones à proximité même du nid (en particulier dans les 20 mètres) sans toutefois les exclure totalement de leur périmètre. En estuaire de Seine, la femelle exclut totalement les éclaircies dans les 10 mètres du nid ; les premières éclaircies apparaissent à partir d'une distance de 15 mètres puis elles sont particulièrement importantes dans les 30-40 mètres du nid. Cela signifie que les oiseaux recherchent préférentiellement des zones sans clair (c'est-à-dire une roselière fermée) pour installer le nid mais tolèrent des ouvertures intra-roselière au delà de 30 mètres. Sur le terrain, ces zones ouvertes sont souvent caractérisées par la présence d'ornières d'engins et cet indice permet le plus souvent d'identifier les zones potentielles de nidification pour les femelles (P. sabine, comm. pers., obs. pers.). Ces éclaircies, mesurées à partir des relevés de terrain, ne figurent pas sur la cartographie informatique. Ils peuvent s'apparenter à des zones en eau libre propices à l'alimentation. Ces résultats sont donc cohérents avec les précédents, qui précisaient que la distance recherchée en eau libre pour une femelle est de 40 à 80 mètres.

7.4.3 Succès de reproduction et lien avec les ressources alimentaires.

Nos résultats sur le rythme d'activité ont apporté des données sur le temps d'absence prolongé de la femelle en pleine période d'élevage des jeunes. Nous pouvons alors nous poser la question de l'impact d'un manque de ressource alimentaire à proximité du nid.

La prédation constatée en France chez le butor est importante et le succès de reproduction le plus souvent très faible. Au cours du programme LIFE, nous avons visité de nombreux nids ; cela nous a permis de récolter de nombreuses données utiles pour calculer le succès de reproduction et avancer des hypothèses sur la raison de ces taux. Le taux de prédation des nids de butor est apparu très élevé : 63% sur un échantillon de 73 nids (Bretagnolle & Demongin, 2005). Les différences entre sites d'étude sont marquées bien que non significatives. Les trois sites de Camargue ont les taux les plus élevés (La Matte, le Charnier-Scamandre et les Marais du

Vigueirat). Les rares cas de prédation partielle d'une nichée ont toujours été suivis d'une prédation totale après quelques jours. Sur cette période, la productivité moyenne a été de 1,1 poussin âgé de 15 jours par nid avec de fortes variations entre sites, dues essentiellement au taux de prédation : près des deux tiers des nids sont détruits avant que les poussins n'atteignent l'âge de 15 jours (Bretagnolle & Demongin, 2005).

Pour comparer les années, des données ne sont disponibles qu'en estuaire de Seine. Sur ce site, le taux de prédation a augmenté significativement, passant d'un extrême à l'autre entre 2001 et 2004 sans que le milieu ni les interventions au nid ne changent. Il est important de souligner que les photographes, effectuant des affûts sur les nids de butor depuis les années 80 (échantillon d'une dizaine de nids sur quatre sites), n'ont jamais constaté de prédation.

Face à ces résultats, il est légitime de se poser la question de l'impact de la recherche des nids en roselière. Le butor étoilé étant une espèce menacée, il est nécessaire de déterminer si le taux d'échec élevé est influencé par les visites au nid (indispensables à l'étude de la biologie de reproduction). Néanmoins, les résultats obtenus avec les nids artificiels dans le cadre du programme LIFE (Bretagnolle & Demongin, 2005) montrent que la fréquence des visites n'influence pas le taux de prédation. 18% (n = 13) des nids ont été prédatés avant leur découverte dont 9 au Charnier-Scamandre, ce qui représente 28% de l'ensemble des nids prédatés. L'observateur n'a donc pas pu avoir d'influence cet échec.

Les études au cours du programme LIFE ont déjà montré que cette prédation « naturelle » était très élevée chez les canards en Camargue. Par ailleurs, si les prédateurs utilisent nos visites pour trouver les nids, leur intervention doit avoir lieu très peu de temps après la visite, soit pour profiter des traces occasionnées par le passage des observateurs, soit pour ne pas oublier l'emplacement (dans le cas des corvidés notamment). Or, le taux de prédation dans les trois jours après une visite est bien plus faible que dans les six jours. Dans la majorité des cas, il ne semble donc pas y avoir de lien direct entre la visite et la prédation. Ce résultat doit cependant être nuancé : la date réelle de la prédation étant rarement connue, elle est placée arbitrairement à la date médiane entre deux visites si aucun indice ne permet d'être plus précis.

En France, le facteur le plus important influençant le succès de la reproduction est la date de ponte et le niveau d'eau (Bretagnolle et al., submitted). Les nids sur les marais inondés présentent moins de prédation que les nids à terre : les prédateurs ont plus de difficultés à se déplacer et à atteindre les nids en présence d'eau (Picman et al., 1993; Dyrz, 1986). De même, en Pologne et en saison de nidification, la hauteur d'eau doit être stable et gérée de façon à réduire les risques de prédation qui surviennent avec la baisse des niveaux d'eau (Polak, in prep.). Les taux de prédation atteignent 38.5% en typhaie et 40% en phragmitaie ; la hauteur du niveau d'eau entre les nids prédatés (moyenne : 33cm) et les nids non prédatés (moyenne : 50.6cm) est significativement différente (Polak, in prep.).

Globalement, le succès de la reproduction du butor étoilé en France semble particulièrement bas comparé à d'autres pays européens (Bretagnolle & Demongin, 2005). Le taux de prédation diffère nettement

d'un site à l'autre et est globalement très élevé. Il dépend de plusieurs facteurs environnementaux qui se combinent entre eux. La hauteur d'eau à l'éclosion, la distance à une digue et la densité de roseaux secs sont les paramètres qui influencent le plus le taux de prédation, et ensuite le succès de reproduction. Le prédateur principal semble être un oiseau, probablement un corvidé, ce qui explique l'importance de la distance à une digue, poste d'observation privilégié (Bretagnolle & Demongin, 2005). En revanche, la hauteur des roseaux verts n'a pas d'effet ; la taille des roseaux et le taux de prédation augmentant avec la saison, il est clair qu'un autre facteur que la visibilité du nid est responsable de l'accroissement de la prédation. Or le seul paramètre qui se détériore au cours du printemps est la hauteur d'eau. La diminution des niveaux d'eau aurait donc un rapport étroit avec l'augmentation du taux de prédation.

Mais avant les prédatations, il semble que les ressources trophiques soient les principales causes d'un faible succès de reproduction. Ce dernier est plus faible lorsque les jeunes manquent de nourriture (Puglisi & Bretagnolle, 2005).

Les vols entre les zones de nourrissage et les nids sont notés en Angleterre (Gilbert et al., in. prep.) et en France (Puglisi & Bretagnolle, 2005 ; obs. pers.). Ainsi, plus les distances parcourues par la femelle sont longues, moins la couvée a de chance de survie. Cet éloignement de la femelle s'explique probablement par un manque de ressources alimentaires à proximité immédiate du nid. En cas de carence en nourriture, la femelle s'absente davantage, laissant alors une plus large fenêtre aux prédateurs. En Angleterre, les pénuries alimentaires constituent une grave menace dans le succès de reproduction et semblent constituer la principale cause de mortalité chez les jeunes butors (Gilbert et al., 2003). Ainsi, sur 64 nids trouvés et 178 poussins étudiés, 84 sont morts dont 61 à cause d'un manque de ressources alimentaires (les jeunes meurent d'affaiblissement) (Gilbert et al., in. prep.).

En estuaire de Seine, l'étude du rythme d'activité sur un nid, démontrant l'absence de la femelle sur une longue période et montrant l'agonie d'un jeune, illustre bien ces propos. Notons cependant qu'en cas d'échec, la femelle peut effectuer des pontes de remplacement (Demongin et al., 2007; Mallord et al., 2000), ce qui semble se produire fréquemment (Gilbert et al., in. prep.). Cela a été effectivement prouvé dans l'estuaire de la Seine, suite à la prédation d'un nid.

La gestion de l'eau (cf. § 7.5.2.) est donc très importante pour le maintien d'une population sur un marais. En effet, les niveaux d'eau ont une influence sur la quantité de proies alimentaires, sur les risques de prédation et conditionnent au final le succès de la reproduction.

7.5 Quelle gestion favorable au butor étoilé ?

7.5.1 Gestion de la phragmitaie.

7.5.1.1 Maintenir une coupe hivernale.

En estuaire de Seine, ce sont chaque année 500 ha qui sont coupés (coupe des bordures de mare de chasse incluses). Nous avons pu noter que les roselières faucardées de l'estuaire de la Seine se trouvent pour

l'essentiel au sein des roselières humides et que ces roselières constituent le milieu de vie du butor étoilé.

Si d'après notre étude, la coupe apparaît néfaste au butor étoilé (en particulier pour les femelles), elle l'est aussi d'une manière générale pour la communauté des passereaux paludicoles. En estuaire de Seine, l'exploitation des roseaux est réglementée par un cahier des charges applicable sur les terrains des ports autonomes de Rouen et du Havre. Ce cahier des charges va être révisé pour 2008 avec la mise en place du nouveau plan de gestion de la réserve naturelle nationale. A cette occasion, un nouvel allotissement sera réalisé en collaboration avec les ports, les exploitants et le gestionnaire. L'évolution de la pratique de la coupe dépend alors non seulement de la volonté du gestionnaire mais aussi du propriétaire foncier et des coupeurs de roseaux qui recherchent de la matière première de bonne qualité. Pour les coupeurs de roseaux, l'entretien de la roselière doit être régulier pour une utilisation en couverture de chaume, sans quoi le roseau est de moins bonne qualité (Sénécal, 2003).

Pour le maintien de la bonne santé de ces habitats, la coupe hivernale devra être conservée car elle favorise une roselière dense, uniforme et monospécifique (Gryseels, 1989 *in* Centre de Découverte de la Nature du PNR de Brotonne, 1990). La coupe hivernale est probablement valable pour de nombreuses roselières dans la mesure où celles-ci sont accessibles et exploitables en l'état.

Nous pourrions aussi proposer de décaler la coupe à la période estivale, car elle permet d'ouvrir le milieu et d'augmenter la diversité floristique (Ward, 1992) ; et dans le cas d'une roselière abandonnée, elle permet aux espèces des prairies humides de s'exprimer (Gryseels, 1989b). Toutefois, cette exploitation est néfaste à la nidification et ne contente pas non plus les coupeurs de roseaux car la matière n'est pas utilisable pour la confection des chaumières.

La coupe hivernale est donc le seul véritable moyen de gestion à maintenir en estuaire de Seine comme dans toutes roselières abritant le butor étoilé. Nous devons désormais en imaginer un fonctionnement optimal pour garantir la présence de roselières attractives aux populations de butors étoilés et aux autres communautés d'oiseaux.

7.5.1.2 La fréquence et la période de coupe : trois stratégies de gestion.

Il s'agit de trouver un compromis pour conserver une roselière en bon état de conservation, favoriser la population de butors étoilés et les communautés d'oiseaux associées, et maintenir si possible une activité économique traditionnelle.

En Angleterre, une coupe tous les deux ans est considérée comme un bon compromis entre les intérêts écologiques et économiques (Andrews, 1992). La coupe tous les deux ans permet de maintenir des tiges sèches et de conserver une certaine quantité de litière. Celle-ci favorise le maintien d'invertébrés et en particulier du papillon, *Phragmataecia castaneae*. Elle augmente également la densité de pucerons. De même, la coupe tous les deux ans apparaît comme un bon compromis pour conserver un milieu de nidification convenable et sur une longue période pour la reproduction de

la rousserolle effarvate et du phragmite des joncs (Ward, 1992 ; Graveland, 1999). Cette pratique de coupe bisannuelle est courante dans plusieurs roselières (Hawke & Josè, 1996; Ward, 1992). Mais en Camargue, si une fréquence de coupe tous les deux ou trois ans ne peut pas être envisageable, la meilleure alternative dans les roselières serait de maintenir une mosaïque d'habitats avec une coupe et des niveaux d'eau variables (Poulin & Lefebvre, 2002). Ainsi, il peut y avoir des transferts de biomasse d'insectes entre les roselières coupées et non coupées. Les oiseaux nichant dans les îlots non coupés peuvent profiter de l'abondance particulière en insectes dans les zones coupées.

La gestion par mosaïque permet ainsi de conserver des massifs de roseaux et donc des zones d'essaimage d'insectes (Ditlhogo et al., 1992). En Pologne, les résultats d'une gestion des roselières en mosaïque ont montré que les chiffres sont à mi-chemin de ceux des communautés d'oiseaux en roselière coupée et les communautés en roselière non coupée (Goc et al., 1997). En Allemagne, il est aussi conseillé de conserver des roselières de plusieurs années pour le butor mais il n'est pas exclu de faire des coupes annuelles tant que la surface en roselière âgée reste importante (Van der Hut, 2001). Néanmoins, pour une parcelle réservée au butor et constituée de roseaux, l'exportation de matière ne doit pas se faire après 4 années (Puglisi et al., 2005). Selon cette référence, il est conseillé de faire une rotation de coupe sur des parcelles définies tous les 2 à 5 ans (Puglisi et al., 2005).

Nos résultats nous ont montré que la majorité des femelles s'installent sur des roselières d'au moins quatre années et que les mâles apparaissent indifférents à la coupe. Aussi, une coupe par rotation sur 2 ans nous apparaît-elle comme une bonne alternative pour la conservation de l'espèce en estuaire de Seine. Toutefois, nous préconisons également de maintenir de vieux massifs pour la nidification du butor et des autres espèces au sein du marais, notamment pour la panure à moustaches car elle occupent en général des roselières âgées de plus de 5 ans (Ward, 1992). Cependant, l'accumulation de matières sèches et de longues rotations peuvent poser problème pour l'exploitation à cause de la structure des roseaux, de l'enchevêtrement des tiges et de la masse de végétation (Ward, 1992).

Pour l'estuaire de Seine, les secteurs qui ne sont pas réservés au maintien de vieilles roselières devront donc être coupés tous les deux ans. Dans le sud et en Camargue tout particulièrement, la coupe annuelle peut être maintenue car les femelles comme les mâles tolèrent les zones coupées. Cependant, des zones avec des densités plus importantes de tiges doivent être conservées. Les zones non faucardées présentent en effet plus de tiges et la densité augmentant avec l'âge des roselières (Puglisi et al., 2005). Ceci revient à dire que des zones non coupées doivent être conservées pour la nidification dans les contrées méridionales.

Du point de vue écologique, l'optimum serait de maintenir la coupe hivernale (commerciale et d'entretien) sur l'ensemble de la surface en roselière humide et sèche. Sur cette grande surface exploitable, nous pouvons prévoir trois types de stratégie de coupe :

- coupe tous les deux ans dans les roselières humides peu fréquentées par le butor étoilé.
- coupe tous les cinq ans dans les roselières humides très fréquentées par le butor étoilé et également dans les roselières dégradées et sèches qui bénéficient aujourd'hui de coupe quinquennale (Aulert et al., 2006a).
- coupe des autres massifs de roselières très humides (non accessibles par les engins de coupe traditionnels) ou fortement dégradés, tous les dix ans.

Compte-tenu des effets de la coupe sur les oiseaux et la roselière elle-même, cette activité peut être financée par des mesures environnementales. Une M.A.E.⁹ intitulée «exploitation de roselières favorables à la biodiversité» peut s'appliquer à la suite de la rédaction des documents d'objectifs Natura 2000. Elle doit pouvoir fournir une compensation financière aux pertes de qualité des roseaux pour les exploitants. De plus, il nous paraît intéressant de développer en parallèle la coupe d'entretien en proposant des filières de valorisation du vieux roseau (Aulert *et al.*, 2006b).

En outre, la fin de saison de coupe doit se terminer avec le début de la saison de reproduction des oiseaux (Ward, 1992). Grâce aux données des ornithologues en estuaire de Seine, acquises à partir de 1984, nous savons que les butors peuvent nicher dès la fin mars (Morel, 1999). Le retour d'un oiseau suivi par radio pistage le 17 mars sur le même territoire que l'année précédente montre à nouveau l'intérêt de maintenir une fin d'exploitation à cette même période. Retenons enfin qu'avec l'enlèvement des chaumes, il ne peut y avoir de passereaux nicheurs précoces (Poulin & Lefebvre, 2002). Ceci peut à terme poser problème si les migrateurs deviennent globalement plus précoces. La fin de période de coupe au 15 mars doit être applicable sur la grande majorité des roselières de France et d'ailleurs.

Dans la prochaine partie de ce mémoire, nous allons discuter des surfaces optimales à conserver et de la localisation des secteurs de non coupe.

7.5.1.3 La surface de roselière à prendre en compte, la proportion, la rotation, et la localisation de coupe : quatre stratégies de gestion.

En estuaire de la Seine, nous obtenons des domaines vitaux très variables à partir de la télémétrie, allant de 8 à 160 ha (moyenne de 70 ha) pour trois suivis différents de mâles. En revanche, les territoires de chant sont plus faibles et oscillent entre 1,5 et 12,5 ha pour le suivi de cinq mâles différents (moyenne de 5 ha). La grande variation de surface de domaine vital peut être expliquée par l'état des ressources alimentaires locales. Elle peut également être expliquée par le fait que l'oiseau, présentant un large territoire, était suivi en fin de saison de reproduction, donc en phase de dispersion.

En estuaire de Seine, nous avons une population moyenne de 22 chanteurs sur 1300 ha de roselières. La zone utile des mâles occupe 1120

⁹ Mesures agri-environnementales

ha soit 86% de la superficie en roselière. Dans cette zone utile des mâles, la roselière humide, largement sélectionnée par les mâles dans notre étude représente 77% de sa superficie. Ceci revient à calculer une densité de 1 mâle chanteur pour 40 ha de roselières humides.

En Camargue, le recensement de 1996 a aussi permis de calculer la densité des populations de butors en roselière pour deux sites. Les Marais du Vigueirat comptent un butor pour 18 ha alors que la densité pour les étangs de Charnier-Scamandre est beaucoup plus faible avec 1 mâle pour 140 hectares (Kayser et al., 1998). Dans les complexes de petits étangs favorables au butor, nous pouvons atteindre un mâle pour 8-10 hectares avec 2 hectares minimum de roseaux (Géroudet, 1978). En Angleterre, sur huit mâles adultes équipés, la moyenne des territoires varie de 14,6 ha en période de reproduction à 19,3 ha en période de mue puis à 33,1 ha en hiver. Ces oiseaux ont fait l'objet d'un suivi intensif : entre 3 et 5 localisations par journée (Gilbert et al., 2003). Toutefois, la taille des territoires est plus petite dans le cas de forte densité. Cela peut être dû aussi à la meilleure qualité des habitats (Gilbert et al., in. prep.).

En Italie, en considérant la surface des territoires des mâles (radio-pistage), la gestion d'une parcelle pour le butor doit être d'une vingtaine d'hectares (Puglisi et al., 2005). En Allemagne, la surface minimale de marais pour un butor étoilé est de 25 hectares, avec au minimum, de 0.5 à 1 hectare de phragmitaie ou typhaie (Van der Hut, 2001). La surface conseillée d'une roselière pour l'accueil du butor est de 20 ha (E.A. Arnold, comm.pers. in Rocamora & Yeatman-Berthelot, 1999).

La surface moyenne à considérer pour un mâle chanteur est donc de l'ordre de 20 à 40 hectares. Dans tous les cas, les grandes roselières ont l'avantage de présenter de bonnes conditions de vie pour le butor sur une plus longue période (Tyler et al., 1998).

Intéressons-nous maintenant à la proportion optimale de roselières à laisser sur pied ou en « jachère ». En Angleterre, suite à des études de télémétrie et à l'étude de territoire, les recommandations de gestion portent sur des roselières de plus de 20 ha avec l'existence de 60 % de roselière humide, 20 % d'eau libre et plus de 260 mètres d'interface eau libre / roselière (Noble et al., 2004). En Allemagne, il est conseillé de laisser au minimum 20% de la roselière sur pied, en incluant de larges surfaces en particulier pour les espèces coloniales.

En Italie, la fragmentation des roselières causée par l'activité de la chasse aux gibiers d'eau a eu un effet sur la distribution des mâles (Puglisi et al., 2005). Il est donc important d'inclure de larges zones non coupées. La coupe intensive sur de larges surfaces est ainsi défavorable au butor (Van der Hut, 2001). Ces dernières années, les roselières situées juste à l'ouest et à l'est du pont de Normandie présentent une activité de coupe intensive (voir Fig. 39). Elles sont aujourd'hui des zones désertées par le butor.

Laisser 20% sur pied peut être une alternative intéressante pour les oiseaux d'eau et un bon compromis pour l'économie, surtout si la zone comprend des roselières de plus de dix ans (Van der Winden et al., 2003). Ailleurs, il est préconisé de laisser 30 à 80% des roselières en état pour la nidification des panures à moustaches et des busards des roseaux. Mais pour diversifier la structure de la végétation et éviter que la roselière ne se

dégrade, il est préconisé de couper ou brûler au moins 5 à 15% des surfaces en roselière chaque année (Burgess & Evans, 1989). L'actuel cahier des charges en estuaire de Seine oblige à conserver un minimum de 20% sur chacun des lots de coupe chaque hiver (Maison de l'estuaire, 2000).

Compte tenu de nos résultats sur le butor et des communautés d'oiseaux en présence, ce taux n'apparaît pas suffisant et devra s'élever à 40% pour les lots abritant l'espèce dans le cas où toute la roselière humide est comprise dans le lot soumis à l'exploitation par la coupe. Dans l'autre cas où la surface du lot est réduite et ne comprend pas la superficie totale en roselières humides (choix délibéré du gestionnaire d'une roselière), cette proportion à laisser sur pied ne devra pas descendre en deçà de 20%. Cette mesure semble pouvoir se justifier sur d'autres roselières comme les roselières du sud qui doivent bénéficier d'une proportion globale de non coupe de l'ordre de 20% en raison des résultats évoqués et de la physionomie de la végétation en période de nidification.

Les zones définies comme « 40% à laisser sur pied » seront désignées notamment en fonction de l'emplacement « moyen » des postes de mâles chanteurs et seront laissées en jachère pendant cinq années. Ces secteurs seront choisis, là où les mâles ont été entendus et localisés le plus souvent durant les cinq années précédentes (mesure concomitante avec la durée de l'adjudication de cinq ans, en estuaire de Seine). La matérialisation de ces zones se fera à l'aide de perches en bambou placées sur le terrain et lors d'une visite contradictoire avec les exploitants de roseaux et les gestionnaires fonciers.

Par ailleurs, les roselières humides devront comprendre une proportion supplémentaire de 10% en zone hors coupe pendant 10 ans. Cette proportion peut être cumulée sur plusieurs lots et permettre ainsi de conserver des vieux massifs de grande taille pour les busards des roseaux, les locustelles luscinioides ou les hérons.

Il est aussi préconisé de conserver des bandes réduites dans les points bas et notamment le long des zones d'eau libre à l'intérieur des roselières (éclaircies), d'autant plus que la coupe sur de petites surfaces augmente l'hétérogénéité de l'habitat et la biodiversité (Schmidt et al., 2005). Les zones à laisser sur pied devront aussi si possible, être en lien avec une zone potentielle d'alimentation. Les zones hors coupe autour des mares de chasse comme des creux d'alimentation seront très favorables à l'alimentation du butor, et en particulier aux femelles en saison de nidification.

Nous pouvons ainsi préconiser de conserver des bandes de roseaux autour des creux d'alimentation jusqu'à la mare. La gestion des mares de chasse peut devenir alors très favorable au butor étoilé. En Pologne, par exemple, les étangs voués à l'activité de pêche sont particulièrement favorables à l'espèce en raison de l'abondance de nourriture (Polak, in prep.).

Dans ces 40% de roselières laissées en jachère, on retrouvera le poste de chant, un creux d'alimentation et/ou la proximité d'une mare. La frange se situant autour des mares de chasse en estuaire de Seine devra faire l'objet d'une gestion particulière. La seule coupe qui peut être autorisée sur cette zone doit se faire en dehors de la saison de reproduction des oiseaux, soit à partir de la mi-août. Si des mesures instaurées sur la réserve

autorisent un entretien printanier partiel des bordés de mare, la partie de la mare en lien direct avec le creux d'alimentation en eau (correspondant à environ 25% du linéaire de bordé) ne devra en aucun cas être coupée en période de nidification.

Par ailleurs, il a été démontré que 50% des roselières restant sur pied ne contribuait pas à l'apport d'une plus grande densité d'oiseaux des marais que dans le cas d'une roselière où il ne restait que 15% sur pied (Van der Winden et al., 2003). Ceci ne se vérifie pas en revanche pour les espèces coloniales (spatules blanches, héron pourpré). Ainsi, le fait de conserver 50 % sur pied entre 5 et 10 ans dans chaque lot peut être un bon consensus entre les exigences écologiques et les exigences économiques. Dans la mesure où nous préconisons une coupe tous les deux ans et non plus une coupe annuelle, cela signifie qu'il ne restera que 25 % de chaque lot en coupe annuelle.

Maintenant, ces mesures et ces proportions sont valables dans le cas où les lots de coupe englobe une large proportion des roselières. Si les lots de coupe excluent des zones les plus humides pour des raisons écologiques, les proportions de coupe pourront être plus importantes dans les lots exploitables. Les différentes mesures qui sont synthétisées dans la figure 58 sont applicables sur la plupart des roselières abritant le butor étoilé et les communautés d'oiseaux associées et inféodées aux roselières humides avec plus ou moins de litières. La proportion de coupe peut en revanche être plus importante dans les roselières du sud en raison tout particulièrement, des résultats synthétisés sur les communautés de passereaux, et sur les résultats propres au butor étoilé.

En estuaire de Seine, à partir de 2008 seront précisées, en concertation avec les ports autonomes, les sanctions en cas de manquement au respect des clauses des conventions de coupe (dans le cadre de l'application du nouveau cahier des charges). Actuellement, la limite de coupe de roseaux autour des mares de chasse est fixée à une bande d'une largeur maximale de 30 mètres. Cette mesure devra être amenée à évoluer pour conserver des zones de refuge pour le butor à proximité des lieux de pêche. Il sera primordial que le cahier des charges appliqué à la chasse soit respecté et ne lèse pas l'activité économique de la coupe.

A l'issue des cinq années, les zones où 40 % des roseaux ont été laissés sur pied (notamment postes de chants et zones proches de l'eau libre) seront décalées et fonction des nouvelles localités de mâles chanteurs et de la création de nouvelles zones d'eau libre. Les 10% laissés en jachère pendant 10 ans seront donc à nouveau convertis en jachère à l'issue de ces 5 ans et entretenus ensuite au moins par moitié au cours de deux années suivantes. Il est ainsi nécessaire de trouver des moyens financiers, de type M.A.E. ou autres, pour que le gestionnaire de la réserve puisse rémunérer les exploitants ou des entreprises spécialisées dans le génie écologique pour entretenir ces massifs et compenser la perte de qualité des roseaux pour les coupeurs. En estuaire de Seine, les redevances des locations des terrains qui devraient revenir à la structure gestionnaire du site à partir de 2008 pourront être mises à profit pour de telles mesures.

D'autres modes de gestion peuvent être appliqués aux roselières fortement dégradées s'apparentant plus à des mégaphorbiaies. Ces zones ne figureront pas dans les allotissements réservés à la coupe du roseaux

(matériaux pour les toits de chaume) et les formations végétales devront au préalable être étudiées, car leur intérêt patrimonial apparaît très important.

7.5.1.4 Autres modes de gestion de la roselière.

Dans le marais de Massaciuccoli, les conditions favorables à l'accueil du butor ont été maintenues grâce à une tradition d'entretien des roselières par l'écobuage. Le feu est une pratique courante dans plusieurs marais méditerranéens (Puglisi et al., 2005) mais il est prohibé sur la réserve naturelle nationale de l'estuaire de la Seine, excepté à des fins de gestion (cette pratique est tolérée autour des mares de chasse). Cette pratique pose des problèmes de conservation si elle n'est pas rigoureusement réglementée ; elle peut être un sérieux danger pour les communautés d'oiseaux et de plantes (Puglisi et al., 2005). Dans le cas contraire, le feu peut devenir une solution pratique pour l'entretien des marais. Testé en Angleterre (Hawke & Josè, 1996) et en Amérique (Gabrey & Afton, 2001), le feu hivernal est en effet une pratique de gestion intéressante pour la végétation et les nouvelles communautés d'invertébrés. De plus, bien que le feu réduit également la taille des roseaux par rapport aux roselières non entretenues (Cowie et al., 1992; Ostendorp, 1999), il anticipe aussi l'émergence des nouvelles pousses tout en augmentant la densité en tiges (Haslam, 1969).

Cette pratique présente toutefois l'inconvénient d'anéantir toute la communauté entomologique en place, notamment celle comprise dans les tiges de roseaux (Van der Toorn & Mook, 1982). Or, la plupart des oiseaux présents dans ce genre d'espace sont insectivores (Ditlhogo et al., 1992).

Dans l'estuaire de la Seine, les zones gérées au moyen du pâturage ne sont pas fréquentées par le butor étoilé. Cette pratique de gestion, en favorisant l'ouverture des roselières et l'expression de nouveaux habitats, n'est pas concordant avec les exigences du butor étoilé. Le roseau est très sensible au piétinement et au pâturage (Le Neveu & Lecomte, 1990) et c'est l'action combinée du broutage, du grattage et du piétinement qui font régresser les surfaces en roselière (Robinet & Lecomte, 2000). Suite au pâturage, les bourgeons endommagés sont remplacés par des pousses généralement plus denses, de diamètre et de hauteur plus faibles (Haslam, 1971).

Le pâturage peut en revanche favoriser la présence des amphibiens et donc créer des zones d'alimentation (Van der Hut, 2001). Il est moteur de l'effet « mosaïque » et de l'évolution de la roselière est fonction de sa situation édaphique et hydrique. Nous pouvons ainsi trouver 6 grandes formations : le schorre, la prairie sub-halophile, la mégaphorbiaie, la prairie tourbeuse, le groupement à pourpier des sables, le groupement à hydrocotyles et joncs (Robinet & Lecomte, 2000).

Pour le butor étoilé comme pour les communautés d'oiseaux des roselières, nous ne voyons pas d'intérêt particulier à favoriser d'autres pratiques ; l'activité de coupe hivernale est la moins traumatisante pour la faune et la flore et permet surtout de maintenir une roselière homogène en accord avec les exigences du butor étoilé.

7.5.2 Gestion hydraulique.

7.5.2.1 Développer les connexions hydrauliques.

En Allemagne, la surface minimale préconisée en eau libre est de 1 à 2 hectares par mâle (Van der Hut, 2001). En Angleterre, Ward (1992) estime que 15 % d'eau libre au sein d'une roselière constitue un bon compromis pour le butor étoilé et les espèces associées tout en précisant l'importance des petites étendues d'eau pour les insectes et amphibiens. En estuaire de Seine, les oiseaux ne semblent pas sélectionner de surface en eau libre particulièrement proche des postes de chant comme des nids. En revanche, des zones d'alimentation constituées de creux ou de mares doivent se situer à moins de 100 mètres des roselières abritant les butors étoilés.

Dans sa partie la plus humide, le marais de l'estuaire de la Seine est constellé de mares à gabion. Ces mares, inondées épisodiquement, sont des micro-écosystèmes très intéressants. Les lisières entre deux écosystèmes constituent classiquement des zones particulièrement riches : les « écotones » (Frileux & Le Neveu, 1980). Ces lisières sont par ailleurs très favorables aux oiseaux d'eau, aux insectes et aux plantes (Ward, 1992). En estuaire de Seine, la présence d'eau libre dans les roselières est un des paramètres augmentant la richesse spécifique des passereaux des roselières, les espèces d'intérêt patrimonial devenant même particulièrement abondantes (Blaize et al., 2004).

En outre, il convient de limiter la progression des roseaux sur ces zones par une gestion appropriée (curage régulier). Les bordures des mares de chasse font l'interface entre les milieux aquatique et terrestre. En associant une faible profondeur d'eau et une pente douce, une microflore et une microfaune diversifiées se développent, susceptibles d'alimenter de nombreux oiseaux dont les anatidés et les limicoles (Frileux & Le Neveu, 1980).

La création de creux et de zones d'eau libre dans les roselières apparaît très importante pour la population des butors étoilés dans l'estuaire de la Seine. Ils doivent être accessibles pour leur alimentation, donc sans talus et avec des pentes douces. De tels creux devront être créés en « forme de peigne » sur les grandes roselières situées sur la réserve de chasse, au niveau du « banc herbeux » afin de le rendre plus attractif pour l'avifaune. La connexion de ces creux avec le système hydraulique existant et les marées apparaît essentielle pour maintenir richesse et diversité en espèces. Ces creux peuvent être connectés à d'anciennes mares de chasse présentes sur la réserve de chasse. Pour la plupart envahie par les roseaux, celles-ci devront faire l'objet d'une restauration adéquate dans le cadre du plan de gestion de la réserve naturelle nationale.

En roselière dégradée, il est par ailleurs conseillé de pratiquer l'étrépage sur 10 à 50 cm tous les 10 à 30 ans afin de créer des zones en eau libre (Burgess & Evans, 1989). Ces mesures sont très coûteuses, et sans gestion hydraulique, une zone étrépee peut très rapidement être envahie par une saulaie dense, comme cela a été constaté sur la réserve naturelle nationale. Avec une telle pratique, des lots préalablement prévus en coupe quinquennale peuvent être proposés en coupe régulière tous les deux ans.

7.5.2.2 Maintenir des hauteurs d'eau suffisantes.

La gestion de l'eau est la clé de la préservation des communautés écologiques dans un marais (Tucker & Evans, 1997; Ward, 1992). Les niveaux d'eau et leurs fluctuations inter-annuelles apparaissent comme des facteurs déterminants pour l'accueil des butors (Adamo et al., 2004). La gestion de l'eau est essentielle mais complexe, d'autant plus que les exploitants de roseaux et les butors étoilés utilisent les mêmes milieux. De plus, jusqu'en fin d'hiver, deux activités co-existent dans les marais : l'exploitation des roseaux et la chasse au gibier d'eau. Ces activités ne sont pas incompatibles mais sont généralement associées à un régime de gestion de l'eau différent (Mathevet, 2000; Maison de l'estuaire, 2000).

Pour être favorable aux butors, la gestion doit éviter les fluctuations de niveaux d'eau au cours du cycle de reproduction, durant une durée de 80 jours entre la ponte et l'indépendance des poussins (Cramps & Simmons, 1977; Mallord et al., 2000), et ce dès la première moitié du mois de mars (Morel, 1999). En effet, les femelles sont sensibles aux variations brutales du niveau des eaux. Les nids construits au ras de l'eau sont très exposés aux risques d'inondation, que l'élévation des niveaux soit lente ou rapide (Yeatman-Berthelot & Jarry, 1994; Verhaegen, 1987), Duhautois & Marion in Rocamora & Yeatman-Berthelot, 1999).

Pourtant, les fluctuations du niveau des eaux permet aussi de véhiculer l'oxygène dissout, stimulant la décomposition de la litière de roseau, l'activité des rhizomes et la croissance des jeunes pousses (Mauchamp, 2002). Elle permet donc d'éviter le vieillissement des roselières.

Dans la littérature, il est préconisé de maintenir des niveaux hauts en hiver et bas en été (Van der Hut, 2001). En maintenant un niveau d'eau entre 10 et 60 cm au dessus du sol en été, la colonisation par les arbustes est freinée, en particulier pour les saules (Ward, 1992; Burgess & Evans, 1989). Ailleurs, le site de Leighton Moss en Angleterre est géré avec des niveaux entre 10 et 20 cm au printemps. Les niveaux sont ensuite progressivement abaissés entre juillet et octobre afin de favoriser la dégradation de la litière et l'oxydation du sol (Ward, 1992). Radoux (*in* Centre de Découverte de la Nature du PNR de Brotonne, 1990) montre par ailleurs que le passage du niveau de la nappe phréatique de 10 cm d'inondation permanente à -20 cm au dessous du sol entraîne une régression de près de 40 % de la productivité aérienne annuelle. Cette variation agit à la fois sur la densité des tiges et sur leur phytomasse individuelle.

Aussi, l'inondation des chaumes de roseaux après la coupe peut être très néfaste pour l'émergence de nouvelles tiges de roseaux. La mise en eau doit être progressive pour une meilleure croissance des roseaux (Ward, 1992; Coops et al., 1994; Weisner & Ekstam, 1993).

Dans l'estuaire de la Seine, les femelles butor étoilé se trouvent en particulier sur les zones où le gestionnaire contrôle le niveau des eaux (45% de la zone disponible), ce qui induit pour ce dernier une responsabilité particulière vis-à-vis de l'espèce.

Naturellement, la présence d'eau dans le marais est dépendante du phénomène des marées. Les marées d'équinoxe de fin mars sont

essentielles pour alimenter la roselière, en alternant hauts et bas niveaux d'eau. Cette alternance est essentielle car de manière générale, d'importantes lames d'eau stabilisées toute l'année ont un effet toxique sur les jeunes pousses (Amstrong et al., 1996). Or, la reproduction du roseau étant végétative, toute fragilisation physiologique se traduit à long terme par l'amorce d'un processus de dégénérescence. Parallèlement, la décomposition de la matière se fait mal sous des niveaux d'eau importants (Cowie et al., 1992), en raison d'un nombre réduit d'invertébrés décomposeurs (Cowie et al., 1992).

Ainsi, sur les zones dont il a la maîtrise, le gestionnaire doit donc trouver un compromis entre l'alternance des hauteurs d'eau (nécessaire au maintien de la roselière) et la stabilité de niveaux moyens (nécessaire au succès de la reproduction du butor).

Les niveaux d'eau conditionnent les ressources alimentaires disponibles en roselière (abondance en proies). Au sein des roselières exploitées, la présence d'eau est favorable aux communautés d'arthropodes et tout particulièrement aux espèces ayant un stade larvaire aquatique comme les diptères ou les coléoptères (Poulin & Lefebvre, 2002). Mais toute hausse significative des niveaux d'eau peut affecter aussi l'abondance de nombreuses autres espèces (Ditlhogo et al., 1992). Les invertébrés constituant les principales proies des jeunes butors (Poulin et al., 2004) en estuaire de Seine, il faudrait donc éviter tout assèchement dans la roselière en période de nidification. Cette mesure serait également favorable à d'autres espèces de passereaux, en même temps qu'elle limiterait les taux de prédation sur les poussins.

Aussi, faudrait-il, dans un premier temps, inonder le marais avec une hauteur d'eau fluctuante d'environ 20 cm ou plus en fin d'hiver et au début du printemps. Dans certaines autres conditions, les niveaux d'eau pourront être descendus à 10 ou 15 cm pendant la repousse des roseaux.

Dans un second temps, au cours du mois d'avril à mi-juin, le marais pourrait être alimenté en eau en conservant une lame d'eau à peu près constante de l'ordre de 20 centimètres. Cela permettrait :

- le renouvellement de l'eau et des apports de biomasse ;
- la préservation de conditions favorables aux nichées précoces (panures à moustaches, *Panurus biarmicus*, butor étoilé, *Botaurus stellaris*) ;
- de maintenir des zones hors d'eau, notamment dans les roselières légèrement surélevées ou avec une importante litière. Cette succession géographique est en effet favorable à certaines espèces paludicoles, notamment aux panures à moustaches, qui ont besoin de litière sèche pour bâtir leur nid et d'eau libre pour y chercher leur nourriture (Bibby & Lunn, 1982).

Bien évidemment, cette valeur de 20 cm doit être mesurée en tenant compte des précipitations (possibilité de faire des « purges » s'il y a risque de noyade des nids).

Dans un troisième temps, une baisse estivale des niveaux d'eau permettraient l'oxygénation des sols et donc, limiterait les risques d'asphyxie de la roselière (Mauchamp, 2002). La fréquence de ces périodes

d'assèchement dépend de la qualité de la roselière, de la qualité de l'eau et de l'état de décomposition de litière. Mais dans tous les cas, en roselière coupée, il faudra éviter les assecs prolongés qui nuisent à la communauté d'arthropodes (réservoir alimentaire des passereaux) (Poulin et al., 2002). En revanche, dans une vieille roselière, l'assec peut se prolonger sur l'année, afin que les rhizomes puissent se reconstituer (Mauchamp, 2002). Afin de ne pas être défavorables aux peuplements d'insectes, les ressuyages devront être progressifs (Ditlhogo et al., 1992). Pendant cette période de juillet à mi-septembre, il sera nécessaire de maintenir une circulation d'eau dans les creux pendant les vives eaux (marnage). Ces zones d'eau libre permettront la conservation d'un pool d'invertébrés et de vertébrés aquatiques vitaux pour l'avifaune des roselières et en particulier le butor étoilé.

De retour vers la saison hivernale et à partir de la mi-septembre et des marées de vives eaux d'équinoxe, le maintien de niveaux d'eau élevés (supérieurs à 20 cm) permettra aux rhizomes d'être protégés du froid et de la glace (Graveland, 1998). Le maintien de hauts niveaux d'eau sera aussi attractif aux oiseaux d'eau et tout particulièrement aux anatidés. Toutes ces mesures sont synthétisées dans la figure n°59. Elles sont valables et généralisables sur d'autres roselières mais doivent tenir compte de conditions locales (marées, ouvrages hydrauliques, topographies, nature des sols...).

CONCLUSIONS.

Nous avons pu apporter des réponses précises sur l'habitat et le comportement de l'espèce. Nos données provenant essentiellement de l'estuaire de la Seine ont mis en lumière une sélection différente entre les mâles et femelles (Tab. X) mais une relation spatiale très étroite ainsi qu'une nette préférence pour les roselières humides. Le mâle possède bien une écologie plus plastique que la femelle ; or les suivis comme la gestion se font le plus souvent à partir de ces seuls indices de chants. Désormais, il faudra également tenir compte des exigences des femelles (Tab. XI) et définir un mode de gestion des marais en fonction des exigences des deux sexes.

Aujourd'hui, la majorité des grandes zones humides est classée en espaces naturels. Ces espaces font l'objet de politique de conservation et, la plupart du temps, sont régis selon un plan de gestion rédigé par un gestionnaire unique ou multiple. Chaque gestionnaire d'espace naturel doit accompagner sa politique de conservation de la faune et de la flore dans le respect des pratiques économiques. Il est aujourd'hui possible de penser que nous pouvons concilier la préservation des roselières (à différents stades dynamiques et avec leur caractère humide) et le maintien de l'activité de coupe. L'activité de la coupe commerciale étant probablement aussi importante que la gestion pratiquée sur un espace naturel (Tyler et al., 1998).

En revanche, cette gestion des roselières devra bénéficier d'aides financières pour développer une gestion plus en adéquation avec les exigences du butor étoilé. En effet, nous avons jugé que la coupe annuelle n'était pas en accord avec la préservation des population de butors comme des communautés d'oiseaux associés. Ainsi, cette pratique ne répond pas en effet aux différents cycles biologiques du butor étoilé comme des autres espèces (reproduction, alimentation...). Le butor étoilé peut d'ailleurs être qualifié d'espèce « parapluie » dans la mesure où ces exigences écologiques peuvent satisfaire de nombreuses autres espèces oiseaux.

Nos préconisations de gestion s'orientent vers trois fréquences de coupe selon les secteurs : coupe tous les 2 ans, tous les 5 ans et tous les 10 ans ou plus. Les zones à laisser sur pied pendant 5 ans ou plus le seront prioritairement dans les points bas topographiques et à proximité des postes de chant et des zones d'alimentation. La moitié de chaque lot de coupe pourra en revanche être coupé sur deux ans. Des méthodes de génies écologiques sont à explorer pour valoriser les vieux roseaux et rajeunir certains massifs de roselières. De même, la restauration et la création de zones d'alimentation favorables à l'espèce semblent nécessaires pour assurer un bon succès de reproduction et minimiser les taux de prédation.

Nos données et nos préconisations de gestion doivent être transposables sur d'autres roselières mais des variations latitudinales existent (Tab. X et XI). Ainsi, les roselières méridionales qui bénéficient d'une croissance plus précoce peuvent avoir une fréquence de coupe plus importante, tout en favorisant toutefois des zones plus denses. Enfin, nos recommandations en faveur d'une gestion par mosaïque restent applicables partout, tout particulièrement sur des grands massifs de roselière.

Par ailleurs, au delà des considérations purement écologiques, la mise en évidence du caractère migrateur de l'espèce ajoute à la nécessité de travailler sur une large échelle et nous incite à développer des travaux en commun avec d'autres pays.

PERSPECTIVES.

Il est nécessaire de prendre en compte tous les facteurs importants pour la conservation du butor étoilé, au moins dans les grandes roselières protégées. Ainsi, les relations entre les différentes populations devront être traitées par un programme de baguage et/ou de pose de balises Argos. De plus, la manipulation d'oiseaux permettra d'effectuer des analyses génétiques et également d'étudier la composition d'isotopes dans les plumes de quelques individus.

On peut se demander si les ressources alimentaires disponibles dans l'estuaire de la Seine suffisent au maintien de la population. Une étude du régime alimentaire, qui mobiliserait le réseau local de naturalistes, et utiliserait des techniques photo ou vidéo avec déclenchement automatique, pourrait donner de bons résultats sans provoquer de dérangement (Freitag, 2000). Parallèlement, une étude fine des ressources trophiques permettrait de comprendre le comportement des animaux, leur adaptation aux milieux, les relations inter et intra-spécifiques ainsi que la dynamique de population (Strong et al., 1997). De plus, pour favoriser la circulation de la faune aquatique et optimiser la gestion des niveaux d'eau, il serait intéressant de programmer une étude précise sur la topographie du marais abritant le butor étoilé.

Le problème du fort taux de prédation subi par le butor nécessite l'identification de ses prédateurs (notamment avec des techniques vidéo infra-rouge). Des mesures telles que l'éradication des ligneux, l'arasement des talus et des bordures de fossés, le contrôle du niveau de l'eau ou le piégeage pourraient être étudiées et mis en application.

La base du suivi des populations de butors reste le comptage des chanteurs ; il doit être coordonné dans l'espace sur une surface suffisamment large, et dans le temps pour connaître la fidélité des oiseaux à leur site de chant. Le suivi coordonné des migrateurs peut être intéressant s'il est effectué pendant un laps de temps réduit sur plusieurs sites.

Par ailleurs, l'influence des changements environnementaux pourrait être étudiée grâce aux nouvelles données diachroniques précises, disponibles en estuaire de Seine. Enfin, le programme de suivi de la végétation instauré depuis 2000 en estuaire de Seine dans le cadre d'un suivi STOC¹⁰ sur quatre stations en roselières, pourra apporter des réponses sur la dynamique et la structure de la végétation, en lien avec les modes de gestion et les différents paramètres de milieu.



Figure 60. Orthophotographie 2006 de l'estuaire de la Seine (source DIREN-HN)

¹⁰ Suivi Temporel des Oiseaux Communs

BIBLIOGRAPHIE.

- Adamo, C., Puglisi, L. & Baldaccini, E. 2004. Factors affecting Bittern Distribution in a Mediterranean Wetland. *Bird Conservation International*, **14**, 153-164.
- Alessandria, G., Carpegna, R. & Toffola, M. D. 2003. Vocalizations and courtship displays of the bittern *Botaurus stellaris*. *Bird Study*, **50**, 182-184.
- Amstrong, J., Afreen Zobayed, F. & Amstrong, W. 1996. Phragmites die-back : sulphide and acetic acid induced bud and root death, lignifications, and blockages within aeration and vascular systems. *New Phytol.*, **134**, 601-614.
- Andrews, R. 1992. *Establishment and management to produce reeds for thatching*. Oxford.
- Aulert, C., Dumont, J. & Dutilleul, C. 2006a. Diversité des roselières de l'estuaire de la Seine et choix des modes de gestion. In: *Restauration et gestion des habitats du Butor étoilé en France. Actes du séminaire final du projet LIFE Nature Butor étoilé 2001-2006*. Rochefort sur Mer / Fouras, Charente-Maritime: LPO.
- Aulert, C., Dumont, J. & Dutilleul, C. 2006b. Perspectives pour l'utilisation des produits de fauche non commercialisables pour le chaume dans l'estuaire de la Seine. In: *Restauration et gestion des habitats du Butor étoilé en France. Actes du séminaire final du projet LIFE Nature Butor étoilé 2001-2006*. Rochefort sur Mer / Fouras, Charente-Maritime: LPO.
- Avoine, J. 1981. L'estuaire de la Seine : sédiments et dynamique., pp. 236: Université de Caen.
- Avoine, J. 1994. Synthèse des connaissances sur l'estuaire de la Seine. Partie 2-sédimentologie. pp. 156. Brest: IFREMER / Port Autonome du Havre.
- Avoine, J., Lesueur, P. & Rouault, T. 1996. Evolution morphologique et couverture sédimentaire de l'estuaire de la Seine. Actualisation et fluctuations., pp. 2-20.
- Baldi, A. & Moskat, C. 1995. Effect of reed burning and cutting on breeding bird communities. In: *Integrating People and Wildlife for a Sustainable Future.*, pp. 637-642. Lawrence, Kansas: Allen press.
- Barbe, J. 1984. Les végétaux aquatiques : données biologiques et écologiques. Clés de détermination des macrophytes en France. *Bulletin Français de Pisciculture*, **n°spécial**.
- Barbraud, C. & Mathevet, R. 2001. Is commercial reed harvesting compatible with breeding purple herons *Ardea purpurea* in the Camargue, southern France. *Environmental Conservation*, **27**, 334-340.
- Bart, D. & Hartman, J. M. 2000. Environmental determinants of *Phragmites australis* expansion in a New Jersey salt marsh : an experimental approach. *Oikos*, **89**, 56-69.
- Bernier, B. 1985. L'atlas des oiseaux nicheurs en Normandie (1970-1983). *Le Cormoran*, **27**, 179-207.
- Berthelot, C. 2003. l'exploitation commerciale des roselières : vers une professionnalisation de la récolte du roseau-chaume en Brière. In:

- Séminaire Activités humaines et conservation des roselières pour l'avifaune.* Vendres-Plage (Hérault) (LPO, RNF, GRIVE).
- Bessinon, C. 1997. La création de vasières artificielles dans l'estuaire de la Seine. In: *Les estuaires français - Evolution naturelle et artificielle*, pp. 110-121. Actes de colloques n°2. Paris.
- Bibby, C. J. 1981. Wintering Bitterns in Britain. *British Birds*, **74**, 1-16.
- Bibby, C. J., Burgess, N. D. & Hill, D. A. 1992. *Bird Census Techniques*. Academic Press.
- Bibby, C. J. & Lunn, J. 1982. Conservation of reed beds and their avifauna in England and Wales. *Biological Conservation*, **23**, 167-186.
- BirdLife-International. 2000. *Threatened birds of the world*. Barcelona and Cambridge, UK: Lynx edicions and Birdlife International.
- Blaize, C., Bretagnolle, V. & Schricke, V. 2004. Etude des pratiques cynégétiques dans l'estuaire de la Seine (FEDER-PAH). pp. 89: CNRS-ONCFS.
- Blandin, P. & Lamotte, M. 1984. Ecologie des systèmes et aménagement : fondements théoriques et principes méthodologiques. In: *Lamotte M. : Fondements rationnels de l'aménagement d'un territoire* (Ed. by Masson), pp. 139-12. Paris.
- Boulenger, J. G. & White, G. C. 1990. A comparison of home-range estimators using Monte Carlo simulation. *Journal of Wildlife Management*, **54**, 310-315.
- Boulot, S. 1991. *Essai sur la Camargue. Environnement, état des lieux et perspectives*. Arles: Actes Sud.
- Braun, M. 1971. Observatoire d'un butor étoilé (*Botaurus stellaris*) dans les bras morts du Rhin. *Lien Ornithologique d'Alsace*, **17**, 29.
- Bretagnolle, V. & Demongin, L. 2005. Rapport scientifique final : programme LIFE-BUTOR 2001-2004. pp. 56: CNRS Chizé.
- Bretagnolle, V., Demongin, L., Gilbert, G., Dmitrenok, M., Polak, M., Puglisi, L. & Longoni, L. Submitted. Great bittern *Botaurus stellaris* breeding biology and conservation implications: a continent scale analysis. Submitted to *Journal of Applied Ecology*. *Journal of Applied Ecology*.
- Bretagnolle, V., Demongin, L., Gilbert, G., Dzmitranok, M., Polak, M., Puglisi, L. & Longoni, V. submitted. Great bittern *Botaurus stellaris* breeding biology and conservation implications : a continent scale analysis. *Journal of Applied Ecology*.
- Bretagnolle, V. & Puglisi, L. 2002. Séminaire européen : programme LIFE Butors (2001-2005) programme scientifique. In: *Situatoin des populations de butor étoilé et programmes de conservation de l'espèce en Europe* (Ed. by CNRS, L.), pp. 73. Chizé (Deux-Sèvres).
- Brinson, M. & Malvarez, A. 2002. Temperate freshwater wetlands: types, status, and threats. *Environmental Conservation*, **29**, 115-133.
- Broberg, L. 1986. Rördromme, *Botaurus stellaris* i Sverige 1979. *Var Fagelvarld*, **45**, 275-284.
- Brown, L. H., Urban, E. K. & Newman, K. 1982. *The Birds of Africa, Vol. I*. Academic Press. London.
- Burgess, N. D. & Evans, C. E. 1989. Management case study : the management of reedbeds for birds., pp. 78: RSPB.

- Burt, W. H. 1943. Territoriality and home range concepts as applied to mammals. *J. Mammal*, **24**, 346-352.
- Cellule de Suivi du Littoral Haut-Normand. 1995. Objectifs et impacts de l'aménagement hydraulique du marais du Hode - Conseil Général de la Seine Maritime et Scetauroute. pp. 15.
- Centre de Découverte de la Nature du PNR de Brotonne. 1990. La grande roselière de l'estuaire de la Seine. Etude du démantèlement spontané. pp. 61.
- Chartier, A. & Debout, G. 2001. Suivi des populations nicheuses dans le Parc Naturel Régional des Marais du Cotentin et du Bessin. Résultats 2001. Caen: Groupe Ornithologique Normand.
- CNRS Chizé & Tour du Valat. 2003. Recueil des protocoles - Programme scientifique LIFE Butor 2001-2005. 29.
- Coops, H., Geilen, N. & Van der Velde, G. 1994. Distribution and growth of the helophyte species *Phragmites australis* and *Scirpus lacustris* in water depth gradients in relation to wave exposure. *Aquatic Botany*, **48**, 273-284.
- Cowie, N. R., Sutherland, W. J., Dithlago, M. K. M. & James, R. 1992. The effects of conservation management of reed beds. II. The flora and litter disappearance. *Journal of Applied Ecology*, **29**, 277-284.
- Cramm, P. 2002. Les oiseaux nicheurs rares et menacés en France en 2000. *Ornithos*, **9**, 238.
- Cramm, P. & Rufray, X. 2002. Situation des populations de Butor étoilé en France. In: *Situation des populations de Butor étoilé et programmes de conservation de l'espèce en Europe*, pp. 35-37. Chizé, Deux-Sèvres, France (LPO, CNRS).
- Cramps, S. & Simmons, K. E. L. 1977. *The birds of the western Palearctic*. Oxford University Press.
- CSLHN. 1999. Etude sur la restauration et la création de vasières intertidales. pp. 172: convention Etude Port Autonome du Havre, 98/4.
- Day, J. C. U. 1981. Status of bitterns in Europe since 1976. *British Birds*, **74**, 10-16.
- Day, J. C. U. & Wilson, J. 1978. Breeding Bitterns in Britain. *British Birds*, **71**, 285-300.
- De Kroon, G. H. J. 2001. Reed bed quality and decline of some breeding bird populations. In: *The ecology of reedbed birds. Biosystematics and Ecology* (Ed. by Hoi, H.), pp. 37-46. Vienna: Austrian Academy of sciences.
- Debout, G. & Philippe, L. 1995. Etude de l'avifaune des abords du Pont de Normandie : suivi ornithologique de l'alvéole vaseuse / suivi ornithologique de l'impact des travaux. Groupe Ornithologique Normand / DDE.
- Del Hoyo, J., Elliott, A. & Sargatal, J. 1992. Handbook of the birds of the world. Vol. I. Barcelona. Lynx Edicions.
- Dement'ev, G. P. & Gladkov, N. A. 1951. Birds of the Soviet Union. Vol. 2. In: *Israel Programm for Scientist Translations*.
- Demongin, L., Dzmitranok, M. & Bretagnolle, V. 2007. Determining great bittern *Botaurus stellaris* laying date from egg and chick biometrics. *Bird Study*, **54**, 54-60.

- Deschandol, A. F. 2003. *L'estuaire de la Seine : milieux naturels, faune et flore. éditions des falaises. 176p.*
- Ditlhogo, M. K. M., James, R., Laurence, B. R. & Sutherland, W. J. 1992. The effects of conservation management of reed beds. I. The invertebrates. *Journal of Applied Ecology*, **29**, 265-275.
- Duhautois, L. 1984. Héron pourpré, butors. Le déclin. *Le courrier de la Nature*, **92**, 21-29.
- Dyrz, A. 1986. Factors affecting facultative polygyny and breeding results in the Great Reed *Acrocephalus arundinaceus*. *J. Orn.*, **127**, 447-461.
- Dzmitranok, M. 2002. Status and distribution of the Bittern in Belarus. In: *Situation des populations de Butor étoilé et programmes de conservation de l'espèce en Europe*, pp. 33-34. Chizé (CNRS, LPO).
- Dzmitranok, M., Puglisi, L., Demongin, L., Gilbert, G., Polak, M. & Bretagnolle, V. 2007. Geographic variation, sex and age in Great Bittern *Botaurus stellaris* using colouration and morphometrics. *Ibis*, **149**, 37-44.
- Freitag, A. 2000. La photographie des nourrissages : une technique originale d'étude du régime alimentaire des jeunes torcols fourmiliers *Jynx torquilla*. *Alauda*, **68**, 82-93.
- Frileux, P. N. & Le Neveu, C. 1980. SAUM estuaire de la Seine - dossier n°4 : floristique et phytosociologie. pp. 95: Laboratoire de biologie végétale et d'écologie.
- Gabrey, S. W. & Afton, A. D. 2001. Plant community composition and biomass in gulf coast chenier plain marshes : responses to winter burning and structural marsh management. *Environmental Management*, **27**, 281-293.
- Gadeau de Kerville, H. 1890-1897. Faune de Normandie. Rouen.
- Gallien, F. 2003. Les actions du GONm dans l'estuaire de la Seine. *Le Cormoran*, **13**, 4-5.
- Gauckler, A. & Kraus, M. 1965. Zur Brutbiologie der Grossen Rohrdommel (*Botaurus stellaris*). *Vogelwarte*, **86**, 129-146.
- Géroutet, P. 1978. *Grands échassiers, Gallinacés, Râles d'Europe. Delachaux & Niestlé. 429p.* Neuchâtel.
- Gilbert, G., P.K., M. & Tyler, G. A. 1994. Vocal individuality as a census tool : practical considerations illustrated by a study of two rare species. *Journal of Field Ornithology*, **65**, 335-348.
- Gilbert, G., Tyler, G. A., Dunn, C. J., Ratcliffe, N. & Smith, K. W. in prep. Breeding success of the Great Bittern *Botaurus stellaris* in Britain and the influence of habitat management.
- Gilbert, G., Tyler, G. A. & Smith, K. W. 2002. Local annual survival of booming male Great Bittern *Botaurus stellaris* in Britain, in the period 1990-1999. *Ibis*, **144**, 51-61.
- Gilbert, G., Tyler, G. A. & Smith, K. W. 2003. Nestling diet and fish preference of bitterns *Botaurus stellaris* in Britain. *Ardea*, **91**, 35-44.
- Goc, M., Iliszko, L. & Kopiec, K. 1997. The effect of reed harvesting on reedbed bird community. *Ring*, **19**, 135-148.
- Gorham, E. & Pearsall, W. H. 1956. Production ecology. III. Shoot production in Phragmites in relation to habitat. *Oikos*, **7**, 206-214.

- Granéli, W. 1984. Reed, *Phragmites australis* (Cav.) Trin. ex Steudel, as a energy source in Sweden. *Biomass*, **4**, 183-208.
- Graveland, J. 1998. Reed die-back, water level management and the decline of the Great Warbler *acrocephalus arundinaceus* in The Netherlands. *Ardea*, **86**, 187-201.
- Graveland, J. 1999. Effects of reed cutting on density and breeding success of Reed Warbler *Acrocephalus scirpaceus* and Sedge Warler *A.schoenobaenus*. *Journal of Avian Biology*, **30**, 469-482.
- Gronchi, P. & Mathevet, R. 2003. L'exploitation commerciale des roselières : l'exploitation du roseau dans le sud de la France. In: *Séminaires Activités humaines et conservation des roselières pour l'avifaune*. Vendres-Plage (Hérault). (LPO, RNF, GRIVE).
- Gryseels, M. 1989a. Nature management experiments in a derelict reedmarsh. I. Effects of winter cutting. *Biological Conservation*, **47**, 171-193.
- Gryseels, M. 1989b. Nature management experiments in a derelict reedmarsh. II. Effects of summer mowing. *Biological Conservation*, **48**, 85-99.
- Hagemeijer, E. J. M. & Blair, M. J. 1997. *The EBCC Atlas of European Breeding Birds, Their Distribution and Abundance*. London: Poyser.
- Halin, G. 1987. Observation d'un comportement inhabituel chez le grand butor (*Botaurus stellaris*). *La Sterne*, **87**, 58.
- Hancock, J. & Kushlan, J. A. 1989. *Guide des hérons du monde*.
- Harrekilde Jensen, J. 2002. The Skjern river Restoration Project. In: *Situation des populations de Butor étoilé et programmes de conservation de l'espèce en Europe*, pp. 27-31. Chizé, Deux-Sèvres, France.
- Haslam, S. M. 1969. Development and emergence of buds in *Phragmites communis* Trin. *Annals of Botany*, **33**, 289-301.
- Haslam, S. M. 1971. Community regulation in *Phragmites communis*. *J. Ecology*, **59**, 585-610.
- Haslam, S. M. 1972. Biological flora of the British Isles, N°128, *Phragmites communis* Trin. *Journal of Ecology*, **60**, 585-610.
- Haslam, S. M. 1973. Some aspects of the life history and autoecology of *Phragmites australis*. *Pol. Arch. Hydrobiol.*, **20**, 79-100.
- Hawke, C. J. & Josè, P. V. 1996. *Reedbed Management for Commercial and Wildlife Interest*. Sandy. UK.
- Hecker, N. 1991. Structure des roselières et avifaune nicheuse des marais du Vigueirat, Camargue. In: *DEA Ecosystèmes continentaux méditerranéens*, pp. 35: Universités d'Aix-Marseille III & de Montpellier III.
- Hellings, S. E. & Gallagher, J. L. 1992. The effects of salinity and flooding on *Phragmites australis*. *Journal of Applied Ecology*, **29**, 41-49.
- Huschle, G., Toepfer, J. E., Wayne, L., Brininger, J. & Azure David, A. 2002. Capturing Adult American Bitterns. *Waterbirds*, **25**, 505-508.
- Ingram, H. A. P., Barclay, A. M., Coupar, A. M., Glover, J. G., Lynch, B. M. & Sprent, J. I. 1980. *Phragmites* performance in reed beds in the Tay Estuary. *Proceedings of the Royal Society of Edinburgh*, **78B**, 89-107.

- Kayser, Y., Hafner, H. & Massez, G. 1998. Dénombrement des mâles chanteurs de butors étoilés *Botaurus stellaris* en Camarque en 1996. *Alauda*, **66**, 97-102.
- Kenward, R. E. 2001. *A manual for wildlife radio tagging*. Academic Press. London.
- Koerner, S. 2002. The EU-LIFE-Project "Promotion of the Bittern in the SPA Schorfheide-Chorin". *Situation des populations de Butor étoilé et programmes de conservation de l'espèce en Europe*, 8-16.
- Kristiansen, J. N. 1998a. Egg predation in reedbed nesting greylag geese *Anser anser* in Vejlerne, Denmark. *Ardea*, **86**, 137-145.
- Kristiansen, J. N. 1998b. Nest site preference by Greylag Geese *Anser anser* in reedbeds of different harvest age. *Bird Study*, **45**, 337-343.
- Kushlan, J. A. & Hafner, H. 2000. Status and Conservation of Herons in the world. London: Academic Press.
- Langoni, V., Rubolini, D. & Bogliani, G. 2005. La rilevanza delle aree agricole coltivate a riso per la conservazione della popolazione nidificante di tarabuso *Botaurus stellaris* in Italia settentrionale. *Avocetta*, **29**, 36.
- Larsson, T. 1994. Contrôle des roseaux et conservation des zones humides. *Bulletin mensuel de l'ONC*, **189**, 18-21.
- Le Neveu, C. & Lecomte, T. 1990. La gestion de la grande roselière de l'estuaire de la Seine par le pâturage extensif. Etude de faisabilité - CCIH, Mission Pont de Normandie., pp. 52: CEDENA, Parc Naturel Régional de Brotonne.
- Lecoquierre, B. 1998. *L'estuaire de la Seine. Espace et territoire*. Publications des Universités de Rouen et du Havre. 190p.
- Lefebvre, G. & Poulin, B. 2003. Accuracy of bittern location by acoustic triangulation. *Journal of Field Ornithology*, **74**, 305-311.
- Lesourd, S. 2000. Processus d'envasement d'un estuaire macrotidal : zoom temporel du siècle à l'heure ; application à l'estuaire de la Seine.: Thèse de doctorat Spécialité-Terre solide et enveloppe superficielle. Université de Caen.
- Lesueur, P. & Lesourd, S. 1999. *Sables, chenaux, vasières. dynamique des sédiments et évolution morphologique*. IFREMER.
- Lissner, J. & Schierup, H. H. 1997. Effects of salinity on the growth of *Phragmites australis*. *Aquatic Botany*, **55**, 247-260.
- Lundevall, C. F. 1953. Anteckningar om en rordrom in fangenskap. *Var Fagelvarld*, **12**, 1-8.
- Maison de l'estuaire. 2000. Réserve Naturelle de l'estuaire de la Seine Premier Plan de Gestion 2001-2006. pp. 79.
- Mallord, J. W., Tyler, G. A., Gilbert, G. & Smith, K. W. 2000. The first case of successful double brooding in the Great Bittern *Botaurus stellaris*. *Ibis*, **142**, 672-675.
- Mathevet, R. 2000. Usages des zones humides camarguaises : Enjeux et dynamique des interactions Environnement/Usagers/Territoire. Lyon: Thèse de doctorat. Université Jean Moulin Lyon 3.
- Mauchamp, A. 1998. Caractérisation des roselières méditerranéennes : résultats et analyses d'un an de suivi. France: Rapport interne de la Tour du Valat.

- Mauchamp, A. 2002. Environmental fluctuations and condition of reedbeds on the French Mediterranean coast. In: *Gestion et conservation des ceintures de végétation lacustre*. (Ed. by Savoie, C. d. P. N. d. l.), pp. 256. Le Bourget-du-lac.
- Mauchamp, A., Blanch, S. J. & Grillas, P. 2001. Effects of submergence on the growth of *Phragmites australis* seedlings. *Aquatic Botany*, **69**, 147-164.
- Mauchamp, A. & Mésleard, F. 1999. Salt tolerance in *Phragmites australis* populations from coastal Mediterranean marches. *Aquatic Botany*, **70**, 39-52.
- Mayaud, N. 1936. *Inventaire des oiseaux de France. SEOF*. Paris.
- Meybeck, M., De Marsily, G. & Fustec, E. 1998. *La Seine en son bassin - Fonctionnement écologique d'un système fluvial anthropisé. Les éditions scientifiques et médicales Elsevier*.
- Miquet, A. 2002. La conservation des macrophytes : enjeux sociologiques et de gestion au lac du Bourget (Savoie, France). In: *Gestion et conservation des ceintures de végétation lacustre*. (Ed. by Savoie, C. d. P. N. d. l.), pp. 256. Le Bourget-du-lac.
- Mohr, C. O. 1947. Table of equivalent populations of North American small mammals. *American Midland Naturalist*, **37**, 223-249.
- Montégut, J. 1987. *Le milieu aquatique. Tome I : milieu aquatique et flore. Editions ACTA*. Paris.
- Moreau, R. E. 1972. *The Palearctic-African bird migration system. Academic press*. London.
- Morel, F. 1999. Recensement du butor étoilé (*Botaurus stellaris*) dans la réserve naturelle de l'estuaire de la Seine au printemps 1999. Rapport DIREN. pp. 12. Caen: Groupe Ornithologique Normand.
- Morel, F. 2001. Recensement du butor étoilé (*Botaurus stellaris*) dans la réserve naturelle de l'estuaire de la Seine au printemps 2001- Rapport DIREN. pp. 11. Caen: Groupe Ornithologique Normand.
- Nilsson, L. 1988. Effekter au vasskard pa den hockande fagelfaunan I Takern. *Var Fagelvarld*, **47**, 310-319.
- Noble, R. A. A., Harvey, J. P. & Cowx, I. G. 2004. Can management of freshwater fish populations be used to protect and enhance conservation status of a rare fish eating bird, the bittern, *Botaurus stellaris* in the UK ? *Fisheries Management and Ecology*, **11**, 291-302.
- Olivier, G. 1938. Les oiseaux de Haute-Normandie. *L'oiseau et la revue française d'ornithologie*, **8**.
- Osieck, E. R. & Hustings, F. 1994. Rode lijst van bedreigde soorten en blauwe lijst van belangrijke soorten in Nederland. Zeist: Techn. Rapport Vogelbescherming Nederland 12. Vogelbescherming Nederland, Zeist.
- Ostendorp, W. 1989. Die-back of reeds in Europe - a critical review of literature. *Aquatic Botany*, **35**, 5-26.
- Ostendorp, W. 1999. Management impacts on stand structure of lakeshore *Phragmites* reeds. *International Review of Hydrobiology*, **84**, 33-47.
- Ostendorp, W., Iseli, C., Krauss, M., Krumscheid-Plankert, P., Moret, J. L., Rollier, M. & Schanz, F. 1995. Lake shore deterioration, reed

- management and bank restoration in some Central European lakes. *Ecological engineering*, **5**, 51-75.
- Percy, L. W. 1951. *Three Studies in Bird Character*. London: Tavistock.
- Picman, J., Milks, M. L. & Leptich, M. 1993. Patterns of predation on passerine nests in marshes : effects of water depth and distance from edge. *Auk*, **110**, 89-94.
- Polak, M. in prep. How nest sites choose female bitterns *Botaurus stellaris* ? : conservation implications.
- Polak, M. in press. Booming activity of male Bitterns *Botaurus stellaris* in relation to reproductive cycle and harem size. *Ornis fennica*.
- Poulin, B. 2006. Convention pour la coupe du roseau au Charnier-Scamandre. In: *Séminaire final du projet LIFE Nature Butor étoilé 2001-2006*. Rochefort sur Mer / Fouras.
- Poulin, B. & Lefebvre, G. 2002. Effect of winter cutting on the passerine breeding assemblage in French Mediterranean reedbeds. *Biodiversity and Conservation*, **11**, 1567-1581.
- Poulin, B. & Lefebvre, G. 2003. Optimal sampling of booming Bitterns *Botaurus stellaris*. *Ornis fennica*, **80**, 11-20.
- Poulin, B., Lefebvre, G. & Crivelli, A. 2004. Diet of Bitterns in France and effects of trophics ressources on the density of the species. In: *European seminar on Bitterns*. Angerville l'Orcher, Seine-Maritime, France.
- Poulin, B., Lefebvre, G. & Mathevet, R. 2005. Habitat selection by booming bitterns *Botaurus stellaris* in French Mediterranean reedbeds. *Biological Conservation*, **39**, 265-274.
- Provost, P. & Aulert, C. 2003. Premiers résultats de trois années de suivi STOC capture en roselière sur la réserve naturelle de l'estuaire de la Seine. *Le Cormoran*, **13**, 53-65.
- Provost, P., Bretagnolle, V. & Demongin, L. 2004. Sélection du site de nidification chez les butors et implications préliminaires pour la gestion des roselières : analyse en baie de Seine et en France. In: *Séminaire européen sur le butor étoilé*. Angerville L'Orcher, Seine-Maritime, France.
- Puglisi, L. 1998. Ricerche sulla biologia del tarabuso (*Botaurus stellaris*) durante il periodo e lo svernamento. PhD thesis. University of Pisa.
- Puglisi, L. 2002. Status of breeding Bittern in Italy. In: *Situation des populations de Butor étoilé et programmes de conservation de l'espèce en Europe*, pp. 32. Chizé, Deux-Sèvres, France.
- Puglisi, L., Adamo, C. & Baldaccini, E. 2005. Man-Induced habitat changes and sensitive species : a GIS approach to the Eurasian Bittern (*Botaurus stellaris*) ditribution in a Mediterranean wetland. *Biodiversity and Conservation*, **14**, 1909-1922.
- Puglisi, L., Adamo, C. & Baldaccini, N. E. 2003. Spatial behaviour of radiotagged Eurasian Bitterns (*Botaurus stellaris*). *Avian Science*, **3**, 133-143.
- Puglisi, L. & Baldaccini, E. 2000. Nocturnal flights during spring migration in the Bittern (*Botaurus stellaris*). *Die Vogelwarte*, **40**.
- Puglisi, L. & Bretagnolle, V. 2005. New data on the breeding biology of the secretive and endangered European Bittern, and a synthesis of the current state of knowledge. *Waterbirds*, **28**, 392-398.

- Pumain, D. & Saint-Julien, T. 1997. *L'analyse spatiale, Localisations dans l'espace*. Armand-Colin. Paris.
- Purenne, R. 2004. La nidification du butor étoilé dans le Parc Naturel Régional des marais du Cotentin et du Bessin : bilan de 4 années de suivi sur les réserves du GONm. pp. 20. Caen: GONm.
- Robin, J., Gautier, V. & Biessy, C. 1996. Evolution des roselières à typha et phragmites en milieu stagnant, éléments bibliographiques. Rapport IRRA.
- Robinet, S. & Lecomte, T. 2000. La gestion de la grande roselière de l'estuaire de la Seine par le pâturage extensif., pp. 54: Parc Naturel Régional de Brotonne.
- Rocamora, G. & Yeatman-Berthelot, D. 1999. *Oiseaux menacés et à surveiller en France. Listes rouges et recherche de priorités. Populations. Tendances. Menaces. Conservation. SEOF / LPO*. Paris.
- Rousselle, G. 1990. *Les oiseaux sauvages. Notes pour servir à leur découverte dans les paysages aux confins de la Normandie de la Bretagne et du Maine (eds)*. Servon (Manche).
- Schmidt, M. H., Lefebvre, G., Poulin, B. & Tschardtke, T. 2005. Reed cutting affects arthropod communities, potentially reducing food for passerine birds. *Biological Conservation*, **121**, 157-166.
- Self, M. 2005. A review of management for fish and bitterns, *Botaurus stellaris*, in wetland reserves. *Fisheries Management and Ecology*, **12**, 387-394.
- Sénécal, D. 2003. L'exploitation commerciale des roselières : Mise en place d'un cahier des charges environnementales de la coupe du roseau et valorisation des produits de la fauche sur la réserve naturelle de l'estuaire de la Seine. In: *Séminaire Activités humaines et conservation des roselières pour l'avifaune*, pp. 45. Vendre-Plage (Hérault) (LPO, RNF, GRIVE).
- Sermet, E. 1980. Observation sur la pêche du Grand Butor, *Botaurus stellaris*. *Nos Oiseaux*, **35**, 242-243.
- Sinnassamy, J. M. & Mauchamp, A. 2000. *Roselières : gestion fonctionnelle et patrimoniale. Gestion des milieux et des espèces. Cahiers techniques 63. ATEN*. Fondation EDF, Réserve Naturelle de France, Station biologique de la Tour du Valat.
- Strong, A. M., Bancroft, T. & Jewell, S. D. 1997. Hydrological constraints on tricolored heron and snowy egret resource use. *The Condor*, **99**, 894-905.
- Swinnen, V. 2002. Actions pour l'avifaune des roselières du bassin de la Haine (Belgique). In: *Situation des populations de Butor étoilé et programmes de conservation de l'espèce en Europe*, pp. 17-20. Chizé.
- Silverman, B. W. 1986. *Density Estimation for statistics and data Analysis*. Chapman and Hall. London, UK.
- Toms, M. P. & Clark, J. A. 1998. Bird Ringing in Britain and Ireland in 1996. *Ringing and Migration*, **19**, 95-168.
- Trotignon, J. & Williams, T. 1987. Valeur ornithologique des étangs à roselières de la Brenne (Indre). *Terre et vie*, **supplément 4**, 27-33.
- Tschardtke, T. 1999. Insects on common reed (*phragmites australis*) : community structure and the impact of herbivory on shoot growth. *Aquatic Botany*, **64**, 399-410.

- Tucker, G. M. & Evans, M. I. 1997. *Habitats for Birds in Europe : A Conservation Strategy for the wider Environnement. BirdLife Conservation Series N°6*. Cambridge. UK.
- Tucker, G. M. & Heath, M. F. 1994. *Birds in Europe : their conservation status*. Cambridge (UK).
- Turner, K. 1991. Economics and wetland management. *Ambio*, **20**, 59-63.
- Tyler, G. A. 1992. Reedbeds, their wildlife and requirements. B. requirements of birds in reedbeds. In: *Reedbeds for wildlife*. (Ed. by D.Ward), pp. 57-64. Oxford: RSPB and University of Bristol.
- Tyler, G. A., Smith, K. W. & Burges, D. J. 1998. Reedbed management and breeding bitterns *Botaurus stellaris* in the U.K. *Biological Conservation*, **86**, 257-266.
- Van der Hut, R. M. G. 2001. Terrain choices of Bittern in Dutch marshland areas. Culemborg: Bureau Waardenburg BV, by assignment of Vogelbescherming Nederland.report 01-010.
- Van der Putten, W. H. 1997. Die-back of *Phragmites australis* in European wetlands : an overview of the european research program on reed die-back and progression. *Aquatic Botany*, **59**, 263-275.
- Van der Toorn, J. & Mook, J. H. 1982. The influence of environmental factors and management on stands of *Phragmites australis*. I. Effects of burning, frost and insect damage on shoot density and shoot size. *Journal of Applied Ecology*, **19**, 477-500.
- Van der Winden, J., Van der Hut, R. M. G., Van Horssen, P. W. & Anema, L. S. A. 2003. Huidige omvang rietooft in Nederlandse moerassen en verbetering van rietbeheer voor moerasvogels. Bureau Waardenburg bv adviseurs voor ecologie & milieu. pp. 50. Culemborg.
- Verger, F. 1968. Marais et Wadden du littoral français. Biscaye frères.541p.
- Verhaegen, J. P. 1987. Contribution à l'étude de l'avifaune des zones humides de l'ouest de la Belgique. Proposition de gestion. Belgique: Thèse de doctorat. Université de Louvain. 403p.
- Verheyen, E. 1948. *Les échassiers de Belgique. Bruxelles-Institut royal des sciences naturelles de Belgique*. Bruxelles.
- Voisin, C. 1978. utilisation des zones humides du delta rhodanien par les ardéidés. *L'oiseau et la revue française d'ornithologie*, **48**, 217-261 et 329-380.
- Voisin, C. 1991. *The herons of Europe. Poyser. London*.
- Ward, D. 1992. Management of Reedbeds for wildlife. In: *Reedbeds for wildlife*, pp. 65-78. Oxford, RSPB: University of Bristol, Information Press.
- Weisner, S. E. B. 1987. The relation between wave exposure and distribution of emergent vegetation in a eutrophic lake. *Freshwater Biology*, **18**, 537-544.
- Weisner, S. E. B. & Ekstam, B. 1993. Influence of germination time on juvenile performance of *Phragmites australis* on temporarily exposed bottoms - implications for the colonization of lake beds. *Aquatic Botany*, **45**, 107-118.

- Wheeler, B. D. & Giller, K. E. 1982. Species-richness of herbaceous fen vegetation in Broadland, Norfolk in relation to the quality of above-ground plant material. *Journal of Ecology*, **70**, 179-200.
- White, G. C. & Garrot, R. A. 1990. *Analysis of wildlife Radio-Tracking Data*. Academic Press. San Diego.
- Williams, M. 1990. *Wetlands : a threatened landscape*. Felix Driver, Royal Holloway, London University, Neil Roberts, Loughborough University. 419p.
- Worton, B. J. 1989. Kernel methods for estimating the utilization ditribution in home-range studies. *Ecology*, **70**, 164-168.
- Worton, B. J. 1995. Using Monte Carlo simulation to evaluate kernel-based home-range estimators. *Journal of Wildlife Management*, **59**, 794-800.
- Yeatman-Berthelot, D. & Jarry, G. 1994. *Nouvel atlas des oiseaux nicheurs de France 1985-1989*. Société Ornithologique de France. 775p.

ECOLE PRATIQUE DES HAUTES ETUDES

SCIENCES DE LA VIE ET DE LA TERRE

SELECTION DE L'HABITAT ET COMPORTEMENT CHEZ LE BUTOR ETOILE (*Botaurus stellaris*)

Pascal PROVOST

Résumé

Mots clés : Butor étoilé, *Botaurus stellaris*, reproduction, roselière, *Phragmites australis*, domaine vital, migration, conservation, estuaire de la Seine, Camargue.

Cette étude menée dans le cadre d'un programme LIFE coordonné par la LPO a pour objet de caractériser l'habitat des mâles et surtout celui des femelles en période de reproduction et de les comparer. En effet, les indices de chant de mâles constituent actuellement le seul moyen d'évaluer l'abondance des populations de butors, mais aussi les pratiques de gestion notamment dans les sites protégés pour cette espèce. En comparant la sélectivité de l'habitat chez les mâles et chez les femelles, notre étude a donc pour vocation non seulement de valider l'hypothèse selon laquelle la localisation des mâles chanteurs indique de manière fiable la présence des femelles, mais aussi d'apporter des réponses sur la gestion des roselières (coupe et gestion de l'eau).

Entre 2000 et 2005, 158 postes de chant de mâles ont été identifiés lors des dénombrements annuels de l'espèce et 37 nids ont été localisés. 29 oiseaux ont été bagués et 8 domaines vitaux de mâles ont été étudiés par des suivis reposant sur des localisations de postes de chant ou du radio-pistage. Durant quatre années, la coupe de la roselière a bénéficié d'un suivi par photo aérienne et d'une digitalisation sur SIG. La comparaison des habitats sélectionnés par les mâles (poste de chant) et les femelles (nid) a été réalisée à deux échelles spatiales différentes, correspondant à la sélection du « macro-habitat » et celle du « micro-habitat ».

La première correspond à la sélection exercée, aussi bien par les mâles que par les femelles, pour certains paramètres d'habitat prédisant leur présence à l'échelle du domaine vital ou du territoire. L'habitat fréquenté par les mâles comme les femelles se compose essentiellement de roselière humide. Les surfaces en eau libre n'ont pas d'effet sur la distribution des oiseaux mais les femelles recherchent de façon significative leur proximité. Les mâles tolèrent les roselières ayant fait l'objet d'une coupe hivernale, à l'inverse des femelles. En effet, les femelles s'installent de manière significative au sein de roselières matures d'au moins quatre ans mais aussi dans les zones topographiques les plus basses.

La deuxième échelle s'intéresse plus spécifiquement aux femelles, et à la sélection de leur site de nidification (relevés autour des nids). Elles édifient leur nid en sélectionnant les roseaux verts les plus hauts au sein des roselières non coupées, ce que corrobore leur absence dans les roselières coupées trop basses lors du début de la nidification. Notre étude a révélé par ailleurs que les nids se trouvent au sein des territoires des mâles. Ceux-ci sont occupés chaque année et ont une surface moyenne de 5 hectares avec un domaine vital global oscillant entre 8 et 160 hectares.

Le mâle a une écologie plus plastique que la femelle. Cette dernière se retrouve confrontée à des exigences dépendantes des caractéristiques de gestion et de la typologie de la phragmitaie. Par ailleurs, notre programme de recherche a démontré que les exigences des femelles sont différentes entre le nord et le sud de la France. En Camargue, pour des raisons liées à la croissance des roseaux et à leur densité, les femelles semblent très tolérantes vis à vis des roselières coupées et sélectionnent les roselières avec le plus de tiges.

Parallèlement aux suivis de l'habitat, nous avons étudié quelques traits comportementaux et mis en évidence l'importance des ressources alimentaires à proximité du nid et la migration active prénuptiale en France.

Nos études démontrent le rôle important de la coupe hivernale et de la gestion hydraulique pour garantir la conservation des habitats du butor étoilé, espèce hautement symbolique des marais à grandes hélophytes.